This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

B 431269

1837
ARTES VERITAS SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING
Transferred to the
GENERAL LIBRARY.

Digitized by Google

Digitized by Google

GEN. LIBRARY.

Digitized by Google

TS
460
.C67

Digitized by Google

Digitized by Google

4,19-6

Ouvrage couronné par la Société des Anciens Élèves
des Écoles nationales d'Arts et Métiers, dans sa séance du 17 février 1895,
présidée par M. Félix Faure, Président de la République
et extrait du *Bulletin technologique* (1897)

PROCÉDÉS
DE
FORGEAGE
DANS L'INDUSTRIE

PAR

C. CODRON
INGÉNIEUR CIVIL
Professeur du Cours des Arts mécaniques à l'Institut Industriel du Nord
Officier d'Académie

DEUXIÈME PARTIE
(PREMIER VOLUME)

PARIS
E. BERNARD et Cie, IMPRIMEURS-EDITEURS
53 ter, *Quai des Grands-Augustins*, 53 ter
1898

Digitized by Google

Digitized by Google

Ouvrage couronné par la Société des Anciens Élèves
des Écoles nationales d'Arts et Métiers, dans sa séance du 17 février 1895,
présidée par M. Félix Faure, Président de la République,
et extrait du *Bulletin technologique* (1896-1897)

PROCÉDÉS

DE

FORGEAGE

DANS L'INDUSTRIE

PAR

C. CODRON

INGÉNIEUR CIVIL
PROFESSEUR DU COURS DES ARTS MÉCANIQUES A L'INSTITUT INDUSTRIEL DU NORD
OFFICIER D'ACADÉMIE

DEUXIÈME PARTIE (Premier volume)

PARIS

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE DES ARTS ET MANUFACTURES

E. BERNARD et Cie

53 *ter*, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

1898

Digitized by Google

Digitized by Google

PROCÉDÉS

DE

FORGEAGE DANS L'INDUSTRIE[1]

A travers les âges de l'industrie, l'outil de forgeage le plus simple, le plus puissant, le plus universel a été et est encore le marteau.

DEUXIÈME PARTIE

PROCÉDÉS SPÉCIAUX RELATIFS AU FAÇONNAGE DES PIÈCES MÉTALLIQUES SANS ENLÈVEMENT DE MATIÈRE

Les procédés de façonnage particuliers aux pièces elles-mêmes dépendent de leurs formes, de leurs dimensions, du nombre de pièces identiques à produire.

Un objet de petites dimensions peut ne pas être obtenu économiquement par les procédés adoptés pour un objet semblable de fortes dimensions constitué, par exemple, en plusieurs parties soudées, alors que la pièce de faibles dimensions est prise dans une seule masse.

Les formes plus ou moins simples conduisent aussi à la combinaison de différentes façons, de procédés distincts. Il faut reconnaître que le seul guide du forgeron est l'expérience directe. Une nouvelle pièce assez dissemblable de pièces dont on possède les éléments de bonne fabrication devant être exécutée, il faut, si elle se répète, pour déterminer les meilleures

(1) Mémoire extrait des *Bulletins technologiques* de la Société des Anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers.

230195

Digitized by Google

conditions de façonnage, faire des essais, s'inspirer des connaissances acquises pour savoir bien proportionner l'action de l'outil, adapter à la pièce les dispositions particulières les plus convenables.

Il est assez difficile de classer les procédés particuliers en se basant sur les procédés généraux d'action des outils.

On ne peut guère les considérer que par leurs fonctions d'emploi, et les traiter sans trop s'arrêter aux minutieux détails de formes, de construction, qui peuvent varier à l'infini.

Nous examinerons d'abord les pièces simples, considérées comme matières premières d'objets ayant un but défini. Ce sont : les lingots, les barres, les tôles, les fils.

Puis, les outils ou instruments dits de taillanderie ; les pièces concourant à la formation des assemblages, telles que : pointes, clous, rivets, clavettes, crochets, brides, frettes, vis, boulons.

Les organes de machines formeront aussi une catégorie importante en les classant par ordre de fonction mécanique ; ce seront :

Les organes rigides : axes, essieux, arbres, leviers, guides, rails, roues.

Les organes, dits de traction ou flexibles : les câbles, les chaînes, les ressorts.

Les éléments conjugués des fluides sous pression : tuyaux, récipients, cylindres, pistons.

Enfin les engins de défense compléteront cet ensemble des procédés adoptés pour la transformation, sans enlèvement de matière, des métaux industriels en objets utilisables.

I. — Travail des lingots et des paquets.

Les métaux industriels proviennent généralement de minerais, dont la réduction donne des masses plus ou moins spongieuses, des lingots coulés dont l'homogénéité est souvent imparfaite. Parfois, la masse est constituée par des déchets qu'il faut agglutiner, souder en formant l'ébauche grossière de la pièce à produire. Le travail de première manipulation consiste à faire

Digitized by Google

acquérir au métal ce qu'on appelle *du corps*, en le comprimant fortement, en le martelant, l'étirant, tout en ébauchant la forme.

Ordinairement les métaux fondus, devant ensuite être forgés, tels que le cuivre, le plomb, le fer, l'acier, etc., sont coulés dans des lingotières ouvertes, en fonte ou en fer, dont la basse température refroidit rapidement l'extérieur du lingot. Cette partie est solidifiée alors que le centre est encore liquide; les actions du refroidissement de l'extérieur vers l'intérieur ont pour effet de déterminer de nombreuses soufflures à une faible distance des parois extérieures, des vides ou cavernes, des défauts d'homogénéité au cœur, que l'on prévient ou que l'on fait disparaître par les procédés de compression et de martelage.

S'il s'agit de fer soudé, la nécessité de procéder par soudage de mises nombreuses superposées et entrecroisées, pour obtenir des pièces de fer de qualité suffisante est un très réel obstacle à la fabrication des grosses pièces, surtout quand les formes à obtenir présentent des profils très accentués qui imposent l'obligation de soumettre la matière à des déformations auxquelles elle ne se prête que difficilement. On se trouve quelquefois en présence de difficultés et même d'impossibilités de fabrication, et souvent les produits sont imparfaits parce que le soudage ne se fait pas dans de bonnes conditions. De plus, la difficulté de souder est en raison inverse de la qualité du métal, en sorte que, quand on a besoin d'obtenir des pièces de grande résistance, il devient très difficile d'obtenir une soudure, une homogénéité convenables.

La substitution du fer fondu, de l'acier doux au fer présente le grand avantage de permettre l'obtention de lingots profilés de forme approchée, coulés dans des lingotières appropriées, qu'il suffit d'étirer aux dimensions définitives dans un laminoir finisseur (1).

(1) Cette application des lingots profilés pour fers divers, pièces tubulaires... a été indiquée en premier lieu par la Compagnie des forges de Terre-Noire, la Voulte et Bessèges. Brevets des 11 août 1865, 14 mars 1866, 23 juillet 1866.

Digitized by Google

On obtient ainsi une grande facilité de laminage permettant l'étirage proportionnel, ce qui n'est pas possible quand on est obligé d'employer des éléments de section rectangulaire pour les appliquer au laminage de barres fortement profilées.

Le métal fondu supprime la soudure tout en présentant des qualités meilleures, surtout au point de vue de l'homogénéité.

On peut obtenir par le laminage des pièces de plus fortes dimensions.

Il est aussi possible de confectionner beaucoup de pièces creuses qu'on ne saurait fabriquer en fer soudé par les procédés ordinaires.

Ces pièces creuses se laminent sur noyau incompressible, ou sur mandrin passant entre les laminoirs en même temps que la pièce ou sur un mandrin fixe logé entre les cylindres.

Ces mandrins sont de formes variables, en raison des profils intérieurs que l'on veut obtenir.

Les *figures 1* montrent divers types de lingots et de pièces que l'on peut façonner par ces procédés rarement appliqués jusqu'à ce jour.

Les lingots d'acier sont généralement coulés dans des lingotières de fer ou de fonte, d'où ils sont enlevés après solidification suffisante, pour les laisser refroidir à terre; ou mieux, ils sont immédiatement introduits dans un four de réchauffage ou dans un puits d'uniformisation de la température chauffé au gaz d'une façon continue ou intermittente à volonté.

Après vingt-cinq à quarante minutes de séjour dans le puits dit « pit » (1), le lingot est enlevé et porté aux outils de mise en œuvre.

Le réchauffage immédiat facilite l'équilibre des tensions intérieures dues au refroidissement inégal, favorise l'obtention d'une température uniforme, prévient la cristallisation trop prononcée de la partie centrale et les soufflures qui se produisent

(1) Adopté en premier lieu par Gjers Millsand C° (Middlesborough).

Digitized by Google

par le refroidissement rapide particulièrement dans les gros lingots dont le poids atteint de 50 à 120ᵗ et plus (1).

La section peut affecter les formes usuelles rectangle, carrée, octogonale se prêtant mieux que la forme cylindrique ou

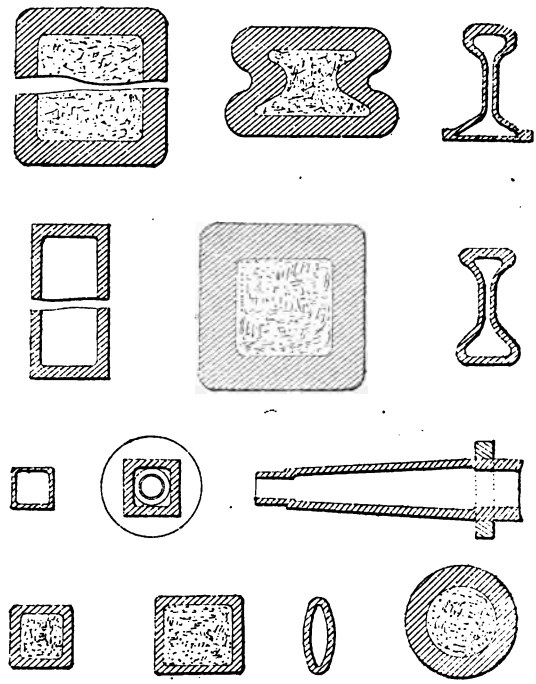


Fig. 1.

conique à l'action des outils de première façon. Cependant les gros lingots comprimés sont cylindriques ou coniques pour éviter les zones de moindre résistance qui se forment au refroidissement dans les sections polygonales. Les surfaces exté-

(1) A Chicago, Exposition de 1893, les forges de Bethléhem présentaient : un lingot cylindrique, en acier Martin, de 4ᵐ,50 de longueur, de 1ᵐ,350 de diamètre ; un lingot pour plaque de blindage : hauteur 5ᵐ,40, largeur 2ᵐ,55, épaisseur 1ᵐ,30, du poids de 113ᵗ.

Digitized by Google

rieures supposées planes, s'affaissent quelque peu; elles sont tirées à cœur par les effets de contraction. Si le refroidissement des parties de pourtour est rapide, elles résistent au déplacement, des tensions énergiques se développent et si le métal passe par une période critique de ductilité, il se produit un déchirement central ou des criques longitudinales analogues à celles qui se déterminent dans un arbre dont la dessiccation est trop rapide.

Les lingotières sont en une ou deux parties *(fig. 1, pl. I)*, réunies par des boulons ou des frettes qui facilitent le délingotage.

On a soin, lorsque le lingot présente des pailles, criques, défauts superficiels localisés, d'enlever le défaut à la tranche ou au burin-gouge de manière à obtenir une surface nette après les façons de mise en œuvre et éviter la propagation des solutions de continuité que le travail ne peut faire disparaître même par soudage, celui-ci étant souvent impossible à cause de l'oxydation des surfaces à souder.

Pour faciliter la manœuvre des gros lingots, on enchâsse à scellement à l'about supérieur, au moment de la coulée, une bride de fer rond qui déborde suffisamment pour recevoir le crochet de l'appareil de levage.

Pour retirer les lingots des lingotières, on emploie aux États-Unis, dans beaucoup d'aciéries, deux presses hydrauliques à cylindres verticaux superposés et réunies par de forts tirants en acier.

Le cylindre supérieur a, par exemple, un diamètre de $0^m,400$ et une course de 1^m; le cylindre inférieur a un diamètre de $0^m,700$ à $0^m,800$ et une course de $0^m,300$. Entre les deux vient s'arrêter le chariot portant trois lingotières pleines posées verticalement.

Chaque lingotière est amenée suivant l'axe vertical commun des deux pistons; on laisse descendre le supérieur, en supprimant la pression d'eau par dessous, jusqu'à ce que sa tige

Digitized by Google

vienne toucher la tête du lingot. A ce moment, de l'eau qu'on a laissé affluer sans pression par dessus le piston y est emprisonnée. Le lingot étant ainsi maintenu, on fait monter le piston inférieur qui peut produire un effort de 100.000 à 150.000^{kg} et qui vient soulever la table sur laquelle repose la lingotière, mais non le lingot qui se trouve ainsi déchaussé. Des grues enlèvent les lingotières, et d'autres les lingots pour les réchauffer ou les livrer au marteau-pilon ou au laminoir à blooms.

Compression à l'état liquide et pâteux.

Divers métallurgistes ont appliqué la compression à l'état liquide et pâteux au moyen de la presse hydraulique, aux lingots de cuivre (1), de bronze, de laiton, de plomb, de fer et d'acier. Avant 1860, on avait proposé de soumettre l'acier à la compression dans des moules, mais la réussite était peu assurée. Vers cette époque, Whitworth commençait à employer des lingotières d'acier, en combinaison avec des pistons presseurs, de telle sorte que l'acier fluide une fois coulé se trouvait soumis à de fortes pressions.

Les *figures 2*, *3* et *4*, *planche 1* (2), montrent en coupes les moules pour couler les lingots. B est un cylindre d'acier fondu avec une légère inclinaison à l'intérieur, soit 1/50. C sont les segments de fonte légèrement cannelés longitudinalement et transversalement sur les bords biseautés, pour faciliter l'échappement des gaz. Les surfaces intérieures sont recouvertes de torchis. D, plateau d'acier fixé au cylindre B par des vis. Dans ce couvercle est pratiqué un creux de la dimension de l'intérieur du moule, dans lequel est ajusté le piston F fixé à une tige I d'un piston de presse hydraulique. Le moule B est supporté sur le piston F par des vis de frottement. Le frottement développé

(1) Depuis longtemps on soumettait le cuivre à une certaine pression avant la solidification pour donner au métal un grain plus fin permettant de l'employer à la fabrication des cylindres à imprimer sur étoffes.

(2) Dessins du brevet français du 24 mai 1866.

Digitized by Google

est surmonté lorsque la pression est appliquée et que le piston F est forcé à travers le collier dans le moule B, pressant ainsi le métal liquide.

Les surfaces H et H′ sont garnies de torchis également.

Lorsque l'acier ou le fer fondu a été versé dans le moule, on abaisse rapidement le piston supérieur sur le métal liquide et on l'y assujettit. En même temps, la tige I de la presse est mise en mouvement et le piston F pénètre dans le moule.

Lorsqu'on a obtenu la pression déterminée, on laisse le moule et son contenu au repos jusqu'à ce que l'acier se soit entièrement solidifié; ou, si on le préfère, le moule est enlevé et le lingot est refroidi lentement dans un four.

Pour des pièces creuses, si le diamètre intérieur est petit, on introduit des noyaux en fer forgé, et les pistons F sont creux.

Les *figures 3* se rapportent à un moule d'acier fondu ayant quatre pistons dont trois sont conduits par des presses hydrauliques, moulant une frette à tourillons T d'une pièce de canon.

Le moule d'acier H est en deux parties réunies par des boulons et deux frettes J emboîtant les extrémités. La surface intérieure du moule est garnie de torchis. Dans le centre du moule est un tube de fonte ou de fer percé d'un grand nombre de petits trous pour l'échappement des gaz.

Le tube a un renflement C′ sur lequel est construit le noyau E, où sont placés les segments de fonte F percés de petits trous; les surfaces sont garnies de torchis. Sur le sommet du moule A′ est un collier traversé par le plongeur X′ qui descend rapidement sur le métal liquide dès que le moule est plein. M est un noyau de fer introduit dans le moule.

Whitworth adopte encore des lingotières cylindriques composées *(fig. 4)* (1) d'éléments courts pourvus de brides d'assemblage. La superposition des éléments permet de donner une

(1) *Génie Civil*, 30 mai 1885.

Digitized by Google

longueur à volonté. L'intérieur de la lingotière est garni de barres carrées en fer à arêtes abattues formant une série de cheminées en communication avec la partie intérieure par des petits trous horizontaux distants de 50^{mm}. Les cheminées verticales débouchent en regard d'une cannelure circulaire pratiquée dans la bride supérieure et dans la bride inférieure des éléments extrêmes. Cette cannelure est en communication avec l'extérieur par des trous permettant l'échappement des gaz. L'intérieur de la lingotière est enduit d'une couche de torchis séché.

La coulée a lieu aux abords de manière que la lingotière puisse rapidement prendre contact par le haut avec le piston hydraulique.

Au début, il s'échappe violemment des gaz enflammés et du métal liquide, puis la solidification ayant lieu, le chapeau supérieur est fixé et la pression graduelle est donnée par un plateau inférieur reposant sur quatre pistons de presse.

La pression est progressive et se fait avec des pompes jusqu'à ce qu'elle développe environ 10^{kg} par millimètre carré de section du lingot. La durée de cette première période de l'opération varie avec l'importance du lingot. Pour un lingot de 45^{t}, elle est de 35 minutes. Ensuite, les corps de presses sont actionnés par un accumulateur qui maintient la pression à 1 ou 2^{kg} par millimètre carré pendant toute la durée du retrait, ce qui le facilite. La réduction de longueur pendant la première compression est d'environ 1/8. On comprime les plus gros lingots cylindriques ayant jusqu'à 1^{m},50 et plus de diamètre et de 3 à 4^{m} de longueur, qui restent en pression pendant quatre à cinq heures. Whitworth emploie des presses hydrauliques dont les dispositions particulières sont représentées *figure 5* (1).

La presse a quatre piliers creux ou fortes tiges D filetées sur

(1) Brevet français, 4 mars 1875.

Digitized by Google

une partie de leur longueur. Sur le sommet des piliers est fixée une table ou tête de fonte portant un ou plusieurs cylindres éleveurs hydrauliques reliés par des barres de suspension attachées à la tête mobile A de la presse principale. Cette tête A s'élève ou s'abaisse rapidement pour permettre l'emploi de lingotières de longueur variable, la tête étant vivement assujettie.

A cet effet, sur les piliers sont quatre écrous cylindriques K qui tournent lorsque la tête se meut verticalement; ces écrous servent à tenir la tête en position.

Cette tête est en relation avec deux vis M à pas rapide passant à travers deux écrous N logés dans la table supérieure fixe de la presse.

Deux hérissons sont clavetés sur les vis M et engrènent des roues correspondantes montées sur le pourtour des quatre écrous.

Lorsque la tête mobile se meut, les vis M sont repoussées à travers les écrous N de la tête fixe, ce qui les fait tourner et la rotation se transmet aux quatre écrous des piliers. Ces écrous tournent et se déplacent à la même vitesse que la tête mobile, mais avec un jeu pour éviter le frottement.

Lorsque la tête est à hauteur voulue, elle vient prendre appui sur les écrous K. Pour cela, les écrous des vis à pas rapide sont reliés avec deux engrenages de pourtour actionnés par deux crémaillères montées sur une barre R qui est mue horizontalement par un piston hydraulique. Une autre disposition assujettit les vis à pas rapide à volonté.

La base de la presse est garnie d'un cylindre hydraulique qui lève la table portant la pièce à comprimer.

Pour faciliter le versement du métal fluide dans le moule, celui-ci est placé sur une table mobile à chariot J commandée par un piston hydraulique horizontal placé sur le côté de la presse. Le moule étant plein, la table est ramenée en dessous pour recevoir la pression.

Digitized by Google

Afin de constater la réduction en longueur de la pièce, par l'effet de la pression, on fixe à un ou à plusieurs des piliers un ndicateur U, montrant la course fournie par le piston compresseur.

Les arrêts *b*, en deux parties, fixés aux piliers par des boulons, sont destinés à supporter la tête A lorsque la presse est au repos; ils soulagent les cylindres leveurs E.

M. Webb a adopté des lingotières en deux ou plusieurs parties réunies par des frettes *(fig. 6, pl. I)* (1).

Avant de couler le métal, on introduit une plaque de fer enduit de sable de fonderie pour garnir le fond; de même à la partie supérieure, au-dessus du métal coulé, on interpose une plaque également enduite de sable, entre le piston et le métal, puis on met la presse en jeu.

Cette presse est double; sur le grand piston agit de la vapeur sous pression. Le plongeur de ce piston agit sur le liquide du deuxième corps de presse de diamètre plus petit à faible course, dont le plongeur exerce son action sur l'acier liquide.

Pour la coulée, les lingotières sont disposées en cercle, ou autrement, à proximité de chariots qui les emportent une à une, dès qu'elles sont pleines, aux presses qui sont disposées en séries plus ou moins nombreuses.

La compression des lingots ou des ébauches en acier fondu a donné lieu à l'emploi de presses puissantes dont la force est parfois supérieure à 10.000^t (2).

Le procédé de compression de l'acier à l'état liquide-pâteux est couramment appliqué dans les grandes aciéries des États-Unis.

Aux forges de Bethléhem, on amène sous la presse, dès qu'il est rempli, un moule légèrement conique.

Après la pression, on laisse refroidir le métal, puis on enlève le lingot du moule et on le porte au four à réchauffer.

(1) Brevet français du 13 janvier 1880.

(2) Aciérie d'Abouchoff.

Digitized by Google

Lorsqu'il est à la température voulue, on le soumet à l'action d'un pilon hydraulique.

Certaines forges ne trouvent pas utile de comprimer l'acier à l'état fluide ou pâteux, le travail de compression énergique ou de martelage à l'état solide à haute température leur paraissant généralement suffisant pour assurer la bonne qualité du métal.

L'installation d'un atelier de compression exigeant des appareils puissants et nombreux, les manipulations étant sujettes à caution, elles préfèrent s'en tenir aux procédés plus simples de forgeage préparatoire au pilon ou à la presse sur métal solide (1).

La compression des lingots d'acier dans les lingotières a cependant l'avantage de permettre d'opérer sur le métal liquide ou pâteux, état qui favorise le dégagement des gaz avec des pressions modérées, la compression finale pouvant à volonté s'élever jusqu'à 10, 20 et même 40^{kg} par millimètre carré, réduisant le volume des bulles de gaz au millième de sa valeur primitive. Le volume diminuant de 8 à 12 0/0, la diminution correspond à l'espace primitivement occupé par les bulles.

La compression a aussi pour effet d'augmenter notablement le pouvoir dissolvant du fer solide à haute température à l'égard des gaz quand la pression s'élève. Le métal retenant plus de gaz, les soufflures diminuent.

Le procédé a en outre le grand avantage de faire disparaître ou d'éviter la retassure à la partie supérieure, de permettre l'utilisation du lingot en entier ou de réduire la chute à une très faible valeur. Avec les lingots ordinaires, à cause des défauts de retassement, il est généralement prescrit dans les cahiers des charges de fabrication : qu'avant *de soumettre les lingots au façonnage, on affranchira la partie supérieure, le poids de métal ainsi enlevé devant représenter 25 à 35 0/0 du poids total.*

(1) Le Creusot a appliqué la compression des lingots en 1895.

Digitized by Google

Parfois on exige aussi que la partie inférieure subisse une chute de 4 à 5 0/0 du poids total. Le déchet est donc considérable.

Lingots comprimés entre cylindres.

Au lieu d'employer la presse pour comprimer les lingots on peut faire passer la lingotière contenant la masse métallique pâteuse entre des cylindres de laminoir à mouvement alternatif comme le montre la *figure 7* (1).

Les lingotières présentent des dispositions spéciales d'assemblage des parties permettant la coulée facile, le déplacement relatif ou rapprochement des parois en contact avec les cylindres de pression qui emboîtent partiellement la lingotière sur faces en V de même que l'intérieur de ces parois est aussi à faces obliques donnant lieu à des réactions symétriques dirigées vers le milieu du lingot.

Pour engager la lingotière entre les cylindres, de chaque côté du laminoir sont disposés un tablier à rouleaux et un pousseur hydraulique ou à vapeur.

Ce procédé, nécessitant des lingotières à parois mobiles, difficiles à guider et à maintenir convenablement, ne s'est pas répandu.

Rappelons que, dans la première partie, nous avons signalé l'application des effets centrifuges sur le métal à l'état liquide ou pâteux. Ajoutons ici qu'en ce qui concerne les lingots d'acier d'environ 0,300 × 0,300 × $1^{m},50$, la disposition adoptée par les forges de Nykroppa, en Suède, comporte l'emploi de deux groupes de quatre lingotières *(fig. 1bis)* (2) pivotant autour d'un axe horizontal lorsque le châssis qui les supporte tourne; les lingotières passent ainsi de la position verticale à la position horizontale. La rotation, d'environ 100 à 120 tours par minute, est obtenue par une transmission comprenant plusieurs couples

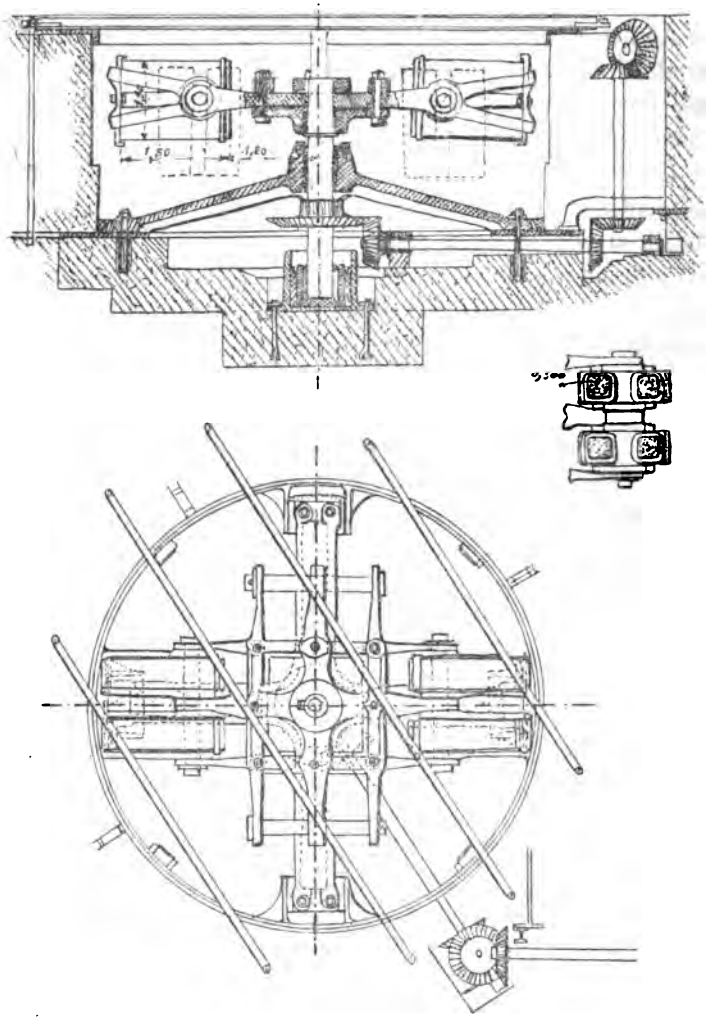
(1) Brevet Buisset du 30 avril 1887.

(2) *Bulletin technologique* de janvier 1897. *Fabrication de l'acier*, par M. Chômienne.

Digitized by Google

fig 1 bis

COMPRESSEUR CENTRIFUGE. - Modèle Sebenius (1898).-



Digitized by Google

d'engrenages. L'arbre vertical est solidement maintenu pour résister aux effets des masses en mouvement.

La rotation est produite aussitôt que les lingotières ont été remplies avec deux poches de coulée pour activer l'opération, car il ne faut pas perdre de vue que l'action centrifuge est d'autant plus efficace que le métal est plus voisin de l'état liquide.

La rotation est prolongée jusqu'à solidification complète des lingots, soit pendant environ un quart d'heure. Au début, les gaz s'échappent par l'ouverture de la lingotière; à la fin de l'opération il n'y a plus de dégagement.

Avec un lingot de 1,50 de longueur, la tête étant à 1,20 de l'axe de rotation, la pression sur le fond du lingot, tournant à raison de 120 tours, s'élèverait à $0^{kg},25$ par millimètre carré. Cette pression correspond à celle produite par une hauteur de métal liquide d'environ 30^{m}.

Sur la tête du lingot, la pression se réduit à $0^{kg},00013$ par millimètre carré, valeur qui ne peut exercer d'effet utile que dans le début de l'opération, mais ne saurait guère prévenir l'effet du retrait à cœur qui détermine la poche de retassement.

Néanmoins, avec ce procédé, les soufflures sont peu nombreuses et les autres défauts prennent moins d'importance.

Lingots martelés ou pressés.

Avant l'ébauchage, les lingots d'acier sont souvent martelés ou pressés énergiquement pour augmenter l'homogénéité.

A la fin de l'opération, on coupe les chutes à la cisaille ou à la scie, puis le lingot est reporté au four à réchauffer.

Parfois, le lingot est tourné grossièrement, jusqu'à ce que les cavités de pourtour aient complètement disparu.

La puissance du pilon varie avec la section du lingot et le degré de déformation qu'il doit subir. Un pilon de 4.500^{kgm} de puissance pourra utilement battre un lingot d'acier de $0^{m},20$ de côté : les gros lingots tels que ceux de $1^{m},50$ à 2^{m} de côté ou de

Digitized by Google

diamètre sont martelés par des pilons pouvant développer une puissance de 500.000^{kgm}.

La force des presses varie évidemment avec la section et la zone d'action des outils. Ainsi, une presse de 1.000^{t} peut opérer efficacement sur des lingots de 400/400 à 500/500 avec zone d'action de 200 de largeur.

Les gros lingots sont présentés aux outils, soit avec des engins de tenue appropriés, soit en les soudant à une queue cylindrique de poids et de longueur en rapport avec la pièce. Au moyen de la chaîne d'un treuil disposée vers le centre de gravité de l'ensemble, on peut aisément soulever, abaisser, faire pivoter, manœuvrer à volonté la pièce.

« Aux forges de Bethléhem, les lingots sont coulés avec une petite queue pentagonale. Pour les saisir, on se sert d'une virole en fonte d'un poids correspondant aux deux tiers du lingot, portant à l'intérieur, d'un côté, un évidement pentagonal et à l'autre extrémité un évidement carré dans lequel s'engage la queue de guidage.

» Autour de la virole, munie de sa queue de guidage, on fait passer une chaîne Galle (1) fixée à l'appareil vireur du pont roulant. On l'amène ainsi à portée du lingot dont on engage la tige dans l'évidement pentagonal.

» En avançant la chaîne Galle sur la virole qui fait contrepoids, on obtient l'équilibrage instantané et parfait du lingot, sans avoir besoin d'aucun système d'attache, ni pour le forgeage, ni pour le transport de la pièce (2). »

De même que le refroidissement, le réchauffage des gros lingots d'acier doit se faire lentement, surtout au début, aux températures de 300 à 500°, qui correspondent à des points critiques de ductilité.

(1) Il convient d'attribuer cette chaîne à Léonard de Vinci (1452-1615), attendu que le grand artiste notait dans ses écrits le type de chaîne que Galle a appliquée aux appareils de levage.

(2) Extrait du rapport sur l'Exposition de Chicago, par M. Pierre Arbel, délégué de la Chambre de commerce de Saint-Etienne, 1893.

Digitized by Google

Par exemple : un lingot d'acier doux de $0^m,80$ de diamètre inscrit et de $1^m,50$ de longueur pesant 7^t, exige une première chauffe d'au moins vingt-quatre heures ; le réchauffage suivant sera de quinze à dix-huit heures ; les autres seront d'une durée plus réduite variant avec la réduction de la section qui peut exiger, selon les cas, de 10 à 15 réchauffages.

Afin d'assurer la transformation de la structure cristalline en groupement amorphe, ces lingots sont chauffés vers 1100°, et ils retournent au four lorsque la température est tombée à

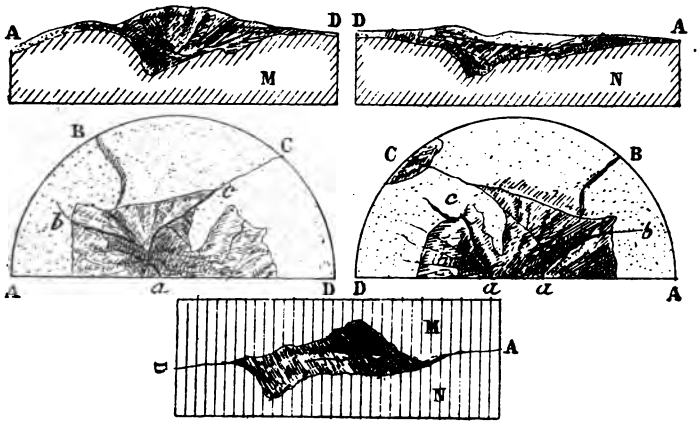


Fig. 2. — Cassure intérieure d'une pièce cylindrique de 250mm de diamètre.

700° dans les parties avoisinantes de l'extérieur, attendu que le cœur est encore à température plus élevée. Il ne faut jamais perdre de vue que la température joue un rôle prépondérant dans les diverses opérations de forgeage des aciers qui présentent les phénomènes de recalescence ou de transformation moléculaires à des températures plus ou moins variables. Si l'étirage exige des chaudes nombreuses, il faut d'autant plus de précautions pour éviter les coups de feu.

Il convient aussi de posséder des fours permettant de chauffer le lingot en entier ; on évite ainsi les tensions inégales qui se

Digitized by Google

produisent inévitablement quand un lingot est partiellement chauffé ou refroidi.

Ces tensions, avec des aciers à points critiques de ductilité, peuvent déterminer des tapures ou cassures centrales perpendiculaires à l'axe de la pièce, défaut très grave et très difficile à faire disparaître, même avec un étirage prononcé.

La *figure 2* ci-dessus se rapporte à un défaut de ce genre dont la forme primitive a été modifiée par l'étirage, qui a déterminé la formation de quatre zones d'affaissement séparées par des lignes telles que *ab*, *ac* nettement marquées; les surfaces primitivement en contact se sont écartées en prenant une forme concave plus accusée, et il eût fallu une réduction de section très grande pour faire disparaître la cassure par soudure plus ou moins possible, ou seulement pour en réduire les dimensions relatives dans le sens transversal.

Ces défauts se présentent dans les lingots d'acier pour pièces de machines, tels que ceux pour arbres des gros moteurs. Dans divers cas, on a remarqué que la solution de continuité s'est présentée vers la portée de calage du volant; il est à présumer qu'elle provient d'un réchauffage partiel mal conduit, la pièce étant forgée de part et d'autre et non d'un seul tenant.

Loupes de fer.

Pour agglutiner les masses de fer dites balles ou loupes, obtenues directement du minerai (1) ou par le procédé de puddlage, on les cingle au marteau, ou on les roule, les mâquette à la presse à mâquer.

L'opération doit comprimer la masse spongieuse, en expulser les scories visqueuses de manière que la loupe molle et poreuse devienne un massiau de métal plus dur, à molécules

(1) On obtient des loupes directement du minerai dans des fours chauffés au gaz, à l'usine de la Carbon Iron Company, à Pittsburg (procédé de A. Hunt, 1890).

Digitized by Google

serrées que l'on réchauffe pour le marteler de nouveau ou le laminer.

Les petites loupes de 8 à 10^{kg} sont martelées avec des marteaux à bras et réchauffées dans des feux de forge ordinaire pour être étirées en barres ou en ébauches sur l'enclume.

C'est le procédé le plus simple, le plus ancien que l'on appliquait autrefois et encore aujourd'hui au travail des loupes de plusieurs centaines de kilogrammes en employant, dans ce cas, le martinet actionné mécaniquement.

Dans le cinglage d'une masse métallique pâteuse, poreuse, sans cohésion, portée à haute température, telle qu'une balle de fer puddlé, le marteau doit, tout d'abord, agir modérément, par coups faibles, autrement il projetterait le métal à la façon d'une masse liquide frappée vivement; il y aurait perte de matière et la balle serait réduite en une galette trop mince pour la travailler convenablement, dès que le fer, un peu refroidi, permettrait de frapper fortement.

Les premiers chocs doivent donc agglutiner, refouler, comprimer la masse par une suite de coups répétés resserrant le métal dans les vides, chassant une partie des scories et conservant à la pièce la forme prismatique à section carrée, afin que chaque face puisse recevoir l'action du marteau dans les meilleures conditions d'effet utile, et, aussi, afin que la surface de refroidissement soit minimum (forme cubique). Le forgeron ne perd jamais de vue que le travail à température élevée est le plus économique; il opère le plus rapidement possible sur fortes épaisseurs.

Ensuite la température s'abaissant, les coups doivent être plus intenses et toujours rapides; le métal est retourné en tous sens, les matières étrangères sont expulsées, projetées au loin sous l'action de plus en plus énergique de l'outil. Aux différentes périodes de l'opération, le métal se resserre, les cristaux se réduisent en grains plus ou moins fins suivant la qualité du fer qui prend plus ou moins de consistance.

Digitized by Google

Marteaux à cingler.

Le cinglage au marteau se faisait autrefois avec le maillet et le marteau ordinaire ou avec le pilon à main, la masse étant placée à fleur de sol sur un tas *(fig. 1, 2* et *3, pl. II)*. Le cinglage s'achevait sur l'enclume surélevée en fonte fixée à un bloc de bois. Le marteau, en fonte également, puis plus tard en fer aciéré, était monté sur un manche ou levier articulé à un support *(fig. 4)*.

On se servit aussi de masses relevées verticalement par une corde s'enroulant sur un rouleau de bois *(fig. 5)*.

Si le marteau était lourd (il atteignait parfois plus de 50^{kg}), la corde s'enroulait sur un treuil mû par manivelles *(fig. 6)*. Les coups étaient aisément proportionnés au besoin du travail.

Avec la roue à cames ou mentonnets et la manivelle, le marteau à manche *(fig. 7)* put être actionné plus rapidement.

Ces moyens simples permettaient au forgeron ancien de manipuler des masses de fer ne dépassant qu'exceptionnellement une vingtaine de kilogrammes.

Lorsqu'on obtint des masses plus grosses, on adopta des marteaux plus lourds que l'on fit mouvoir par moteur hydraulique dont l'arbre portait plusieurs mentonnets agissant sur le manche du marteau, comme l'indique la *figure 8*. L'ensemble s'appelait : martinet à bascule ou à queue. Pour éviter l'usure rapide des mentonnets et de l'extrémité du manche, les premiers se firent en fer en les encastrant dans l'arbre, et le manche fut garni de frettes qui le consolidèrent.

On employait aussi la disposition dite à soulèvement ou à l'allemande. Le marteau était soulevé vers l'avant par des cames montées sur un arbre placé parallèlement au manche. On ajoutait une pièce de bois flexible contre laquelle le marteau buttait avant d'être en haut de sa levée. La pièce dite rabat fléchissait, et sa réaction, dès que la came abandonnait le manche, accélérait la chute du marteau.

Digitized by Google

La *figure 10* montre une ancienne forge de travail des loupes avec marteau à soulèvement.

Elle représente (1) : « l'opération de *cingler le renard*, opération qui suit immédiatement celle de *refouler le renard*. Le goujat ou aide du marteleur tient la bielle ou perche suspendue à l'extrémité de la bascule de l'empellement de la roue de l'arbre du marteau, pour donner en tirant cette perche la quantité d'eau nécessaire à la roue pour que son arbre lève lentement le marteau qui doit frapper à petits coups sur le renard; on augmente successivement la vitesse de la roue à mesure que les différentes parties du renard se rapprochent les unes des autres et qu'il acquiert la forme et la compacité qui lui fait donner le nom de pièce... Les premiers coups doivent être faibles, car un coup violent ferait éclater le renard en pièces, au grand danger des ouvriers. Dans le commencement de cette opération on voit ruisseler le laitier fondu comme l'eau qui sort d'une éponge que l'on comprime; la pièce façonnée est ensuite reportée à la chaufferie, elle a pris la forme d'un prisme octogone ou d'un parallélépipède rectangle dont les arêtes sont abattues » et que l'on transforme ensuite en écrenée, en maquette, en barreau ou bande *(fig. 9)*, puis en carnette ou en courçon.

» Les gros marteaux de fer forgé pesaient de 10 à 15 quintaux; ils avaient 3 à 4 pieds de hauteur, 14 à 15 pouces de longueur à leur base, sur 4 pouces et demi de largeur. L'enclume pour le massé ne sort de terre que d'un pouce; sa largeur est de 6 pouces et sa longueur est d'environ 2 pieds 4 pouces; elle est enchâssée dans une pièce de fer quarrée nommée dême, qui est elle-même placée dans un granit fort dur qu'on nomme pierre de mail, de 5 à 6 pieds d'épaisseur et de diamètre. Les stocs sont parfois exécutés en barreaux de fer forgés, posés verticalement et réunis par de forts liens d'un

(1) Extrait de l'*Encyclopédie*, tome IV des planches.

Digitized by Google

très bon usage. Lorsqu'il s'agit de *cingler le massé*, pesant jusqu'à 300 livres et plus, on pose à côté de l'enclume une plaque de fer fort, de l'épaisseur d'un pouce et on environne l'enclume de terre afin que le massé *ne puisse pas fuir*.

» Le massé est coupé en massoques et chaque massoque est étirée en masselotte, puis en barroux au massouquettes.

» Quand il s'agissait d'acier, on le laissait tremper dans l'eau, dans la rouille pendant *longtemps*, *huit jours et plus*, pour l'améliorer. » *(Voyages métallurgiques de Jars.)*

Signalons également l'emploi du marteau dit frontal *(fig. 11)*, de construction moins primitive, créé vers 1780 pour le cinglage des grosses loupes des fours pudlings. Dans ce marteau les pièces principales sont en fonte. La frappe du marteau ou table, ou panne, est rapportée sur la tête pour permettre de la changer au besoin. La tête du levier est prolongée par un appendice contre lequel agissent les cames de l'arbre moteur.

Remarquons que le levier est posé sur un couteau arrondi, dans une entaille en V du support, ce qui réduit le frottement, prévient les réactions et la rupture. Le tas ou enclume est rapporté sur un dé en fonte ou chabotte reposant sur une fondation en bois pour donner de l'élasticité. Avec ces marteaux on cinglait les loupes pesant jusqu'à 150 à 200^{kg}. Après cinglage, la loupe était ou non divisée en deux ou trois parties par l'action seule du marteau, sans hacheron. Réchauffée, chaque partie était étirée en maquette, puis en deux massiaux. Le manche en fonte des gros marteaux frontaux se rompait souvent.

Pour les loupes courantes, le poids des marteaux mécaniques variait de 40 à 100^{kg}.

Ce poids atteignait 500^{kg} et plus s'il s'agissait de grosses balles; et dans le cas de marteaux frontaux, le poids s'élevait jusqu'à 6 à 8.000^{kg}. La hauteur de chute était comprise entre 0^{m},40 et 0^{m},60. La vitesse de l'arbre variait de 20 à 30 tours par minute ou plus, et le nombre de coups variait de 60 à 300 par minute.

Digitized by Google

La panne du marteau ainsi que la table de l'enclume présentaient parfois la forme d'une croix, afin de servir à la fois au cinglage des loupes et à l'étirage ou forgeage des pièces.

Très souvent, tous les huit ou quinze jours, la tête du marteau était chauffée avec des charbons rouges, pour éviter qu'il ne se brise pendant le travail.

Les *figures 12* et *13* se rapportent à un type de marteau à soulèvement en fonte permettant d'opérer le cinglage ou le martelage des barres.

Remarquons que l'arbre des cames est pourvu d'un volant régulateur du mouvement : cet arbre était mû par un moteur à vapeur ou autre.

Les anciens martinets ont été peu à peu remplacés par les marteaux-pilons actionnés directement par la vapeur, l'eau ou l'air sous pression.

Pour le cinglage des loupes, on emploie des pilons à vapeur à simple ou à double effet, qui permettent de régler facilement l'intensité des coups dans la limite du pouvoir de l'outil.

On tend de plus en plus à adopter le pilon à double effet qui opère plus rapidement que celui à simple effet et dont les coups donnés à vitesse plus grande expulsent bien les scories et donnent ainsi un fer plus pur.

Les marteaux de cinglage développent ordinairement de 1.500 à 3.000^{kgm} par coup en agissant sur des loupes de 40 à 50^{kg}.

Les grosses loupes de 100^{kg} et plus exigent, pour être bien battues, des puissances variant de 5.000 à 10.000^{kgm}.

Les pilons de cinglage *(fig. 15* et *16, pl. II)* sont à tas ou enclume plate rapportée et clavetée sur une chabotte basse. La frappe du marteau est à table plane également, la loupe devant être fortement comprimée, plutôt qu'étirée.

La loupe cinglée au pilon est transformée, sous un autre marteau, en barre ou massiau que l'on réchauffe pour l'étirage ; ou bien, elle est livrée de suite à un laminoir ébaucheur pour la convertir en barre que l'on coupe en vue du corroyage.

Digitized by Google

Si la loupe doit être étirée au marteau, on y incorpore l'extrémité d'une barre de fer destinée à servir de manche pour faciliter la manœuvre. Cette barre est terminée par un œilleton recevant un bâton.

Après réchauffages et martelages multiples, la loupe est transformée en massiau de fer utilisable.

Pressage ou mâquage des loupes.

C'est vers la fin du siècle dernier que fut appliquée la compression des loupes au moyen de presses à levier actionnées mécaniquement dites *squeezers*.

La *figure 1*, *planche III*, représente une ancienne presse dont le levier est actionné par un excentrique. La balle de fer avait ordinairement $0^m,15$ à $0^m,20$ d'épaisseur; elle était rapprochée de l'articulation à mesure que les dimensions transversales se réduisaient et que le métal se refroidissait.

La commande du levier se faisait aussi par une chaîne attachée, d'une part *(fig. 2)*, à la queue du levier suffisamment lourde pour relever la tête, et d'autre part à une roue manivelle animée d'un mouvement de rotation continu.

Une presse plus récente, de construction mécanique plus perfectionnée, est celle *figure 3*.

Le levier à deux branches formant un certain angle et présentant de plus un appendice formant contrepoids et guide, est supporté par un palier à coussinets mobiles dans la cage-palier, de manière à permettre à volonté le travail de loupes plus ou moins grosses. Ce levier est actionné par bielle et manivelle, arbre de commande et roues d'engrenage. La loupe est placée sur une plaque de fonte rechangeable. De même, la tête du levier est armée d'une plaque rapportée permettant le remplacement au besoin.

Le plus souvent, les faces d'action sont cannelées afin d'exercer des pressions en toutes directions, éviter le glissement. L'aspect

Digitized by Google

de la tête, telle que celle *figures 4* et *5*, a fait désigner le squeezer sous le nom de *crocodile*.

Les presses de ce genre furent aussi actionnées directement par un piston à vapeur à simple effet, articulé à une bielle et celle-ci articulée d'autre part au bras arrière du levier, comme l'indique la *figure 6*. L'introduction et l'échappement de la vapeur étaient réglés par un distributeur actionné par levier à main. Afin d'éviter que le piston ne vienne heurter sur le fond du cylindre, on avait soin de disposer un arrêt élastique, pièce de bois, contre laquelle s'arrêtait la queue du levier.

Les presses à levier permettent de développer de grands efforts sur la pièce en œuvre pour de faibles efforts moteurs. L'action étant lente, sans chocs, progressive, l'énergie motrice se retrouve presque entièrement en travail de déformation du métal. Ces presses sont relativement simples, nécessitent moins de frais d'entretien que les presses hydrauliques ou à vapeur. On pourrait aujourd'hui les constituer sur de fortes dimensions et nul doute qu'elles rendraient encore d'excellents services dans divers travaux de préparation, de première compression, si elles n'avaient l'inconvénient d'exercer des efforts obliques entre les deux mâchoires lorsque celles-ci ne sont pas parallèles et d'agir moins rapidement que le pilon.

Depuis quelques années, la presse directe à vapeur et la presse hydraulique sont aussi employées au travail des balles de puddlage. La *figure 7* est une presse à action directe de la vapeur (1). Le piston est de grand diamètre; la tige est renflée de manière que la vapeur n'agit que sur une couronne réduite pour relever le piston. Celui-ci est guidé contre tout déplacement rotatif par deux tiges assemblées avec le couvercle. La vapeur exerçant son action sur la face supérieure, la tête M, écrase, comprime la balle plus ou moins rapidement. On a soin de la retourner en tous sens. La pression peut s'effectuer

(1) Modèle d'Adamson. Brevet du 9 février 1881.

Digitized by Google

rapidement et, si on le juge opportun, la presse agit modérément comme un pilon ordinaire. Au lieu de vapeur on peut employer soit l'air comprimé, soit l'eau; les dispositions sont analogues à celles de la figure qui précède.

Signalons encore la presse de Siemens *(fig. 8)* (1), dont le principe consiste à comprimer simultanément la loupe sur six faces. A cet effet, quatre pistons sont disposés horizontalement et un verticalement. La loupe est placée sur une table horizontale pouvant pivoter sur la traverse d'appui. Les têtes des pistons horizontaux ont une hauteur relativement grande et leur rapprochement progressif permet de resserrer la loupe fortement en même temps qu'elle est vivement battue avec le piston supérieur. A plusieurs reprises les pistons horizontaux s'écartent pour permettre de faire tourner le plateau et présenter à leur action tout le pourtour de la pièce qui peut finalement être fortement comprimée et présenter une section carrée.

On reproche aux presses, dans le travail des loupes, de ne pas expulser suffisamment les oxydes, de refroidir rapidement le métal au contact des têtes des pistons. Il faut opérer à plusieurs reprises et réchauffages alors qu'avec le marteau l'opération expurge mieux et rapidement les matières étrangères; de plus, on peut profiter de la chaleur de la masse pour lui donner une forme régulière, pour la couper avec le hacheron en plusieurs parties, facilement maniables et forgeables.

Laminage des loupes.

L'agglutinage des loupes puddlées se fait aussi au laminoir longitudinal à cannelures, en faisant passer successivement la masse dite bloom dans plusieurs cannelures décroissantes.

Dans la plupart des forges, avant de passer les loupes au laminoir dit cingleur ou préparateur, on a soin de les allonger, de

(1) *Étude des marteaux-pilons*, par M. Casalonga, Bulletin 1888.

Digitized by Google

les cingler sous le marteau. Puis, profitant de la haute température du métal, l'opération peut se poursuivre par laminage en transformant la loupe en un massiau ou en une barre ébauchée dite de fer brut ébauché, ou fer n° 1, ou barre puddlée de dimensions dont la largeur varie de $0^m,075$ à $0^m,150$, l'épaisseur, de $0^m,020$ à $0^m,050$, la longueur variant de 4 à 6^m. L'opération est rapide, la vitesse des cylindres pouvant atteindre $0^m,60$ à 3^m et plus par seconde. La cannelure en V convient mieux que la cannelure en ▭, car pour une même pression verticale sur le cylindre supérieur, les pressions latérales sont supérieures, ainsi que nous l'avons signalé dans la première partie.

Les premières cannelures présentent, soit des ondulations

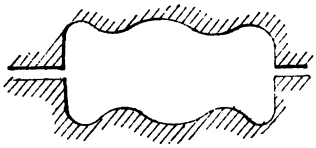


Fig. 3.

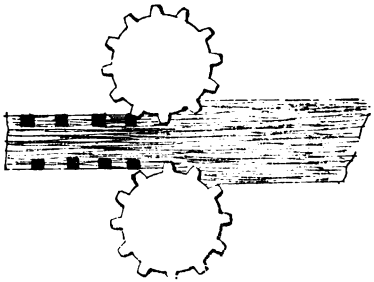


Fig. 4.

(fig. 3), soit des entailles ou des saillies *(fig. 4)* qui grippent la loupe, forcent l'entraînement, produisent des saillies qui déterminent dans les passages ultérieurs des compressions énergiques très favorables à l'expulsion des laitiers et agissent ainsi à la manière d'une presse à cingler.

Le laminoir cingleur est ordinairement du type *(fig. 11, 12* et *13, pl. III)* à deux cylindres ou bio employé depuis les premières applications de laminage des loupes par Cork et Pawel, vers 1787, dans le pays de Galles. La loupe ou bloom passe par la première cannelure; reprise à l'arrière elle repasse par devant au-dessus du cylindre supérieur, s'engage dans la deuxième cannelure, et ainsi de suite jusqu'à la dernière, en

Digitized by Google

ayant soin de faire tourner la pièce de 90° à chaque passage. Le nombre de cannelures ou de passages varie suivant le but que l'on se propose. Souvent la masse est passée deux et trois fois dans la première et dans la deuxième cannelure. Ce laminage ne demandant pas de précision, les cannelures ne s'emboîtent pas.

Les cylindres à loupes ont ordinairement un diamètre d'environ $0^m,40$ à $0^m,60$ et tournent à une vitesse de 25 à 40 tours par minute, soit une vitesse moyenne de sortie égale à $0^m,70$; leur longueur varie de $1^m,20$ à $1^m,60$. Plus le diamètre est grand, plus la compression est énergique et l'expulsion des laitiers complète. La décroissance des sections des cannelures, dont le nombre est de 7 à 12, doit produire un étirage ou allongement de 0,25 à 0,30 0/0 (1).

Le fond des cannelures est à congé prononcé *(fig. 5)*; la hauteur est plus faible que la largeur afin de réduire la différence des vitesses du pourtour des cylindres et du fond des gorges. On prend $a = 0,8$ à $0,9\ b$. Il va sans dire que les cannelures doivent être symétriques deux à deux pour éviter les efforts latéraux, obtenir un laminage régulier.

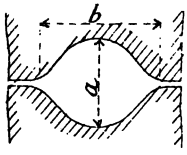


Fig. 5.

Les dimensions des sections supposées semblables, pour un étirage constant à chaque passage, sont déduites des relations du volume constant V et des aires homologues proportionnelles aux carrés des dimensions linéaires.

On doit avoir :

$$V = S \times 1^m = S'(1 + \lambda)$$

et

$$\frac{S}{S'} = \frac{(1+\lambda)}{1} = \frac{a^2}{a'^2} = \frac{b^2}{b'^2},$$

soit

$$\frac{a}{a'} = \sqrt{\frac{1+\lambda}{1}}.$$

(1) Une décroissance moins rapide ferait perdre du temps; avec une décroissance plus forte, le fer s'engagerait difficilement dans les cannelures.

Digitized by Google

Les dimensions a et b de la première cannelure étant connues, on déduit celles des cannelures suivantes aisément. Si on admet que $\lambda = 0{,}30$, on trouve :

$$a' = \frac{a}{\sqrt{1 + 0{,}30}} = \frac{a}{1{,}14}, \quad a'' = \frac{a'}{1{,}14} = \frac{a}{1{,}14^2}, \quad a''' = \frac{a}{1{,}14^3}$$

$$b' = \frac{b}{1{,}14}, \quad b'' = \frac{b}{1{,}14^2}, \quad b''' \ldots$$

Les dimensions linéaires vont donc en décroissant suivant la progression géométrique de raison $\frac{1}{\sqrt{\frac{1+\lambda}{1}}}$. Il convient de laisser un certain jeu entre les cordons des cylindres et de les arrondir pour faciliter l'expulsion des laitiers.

Généralement le train cingleur comprend deux cylindres ébaucheurs à cannelures en V *(fig. 9)* et deux cylindres dits finisseurs de loupes à cannelures rectangulaires *(fig. 10, pl. III)* pour préparer les barres dites d'ébauché ou *mill-bars*. La pièce venant des cylindres ébaucheurs passe quatre à six fois dans les cannelures voulues. Les barres sont ensuite coupées à la cisaille (telle que celle *figure 14*) et les morceaux sont classés suivant la qualité marquée par l'aspect de la cassure. Ces morceaux, mis en paquet et soudés, fournissent les lingots pour barres marchandes ou pour pièces diverses.

Roulage des loupes.

Les loupes sont encore laminées transversalement, roulées, pétries dans une machine dite squeezer rotatif tel que celui à axe vertical *(fig. 1* et *2, pl. IV)* (1). La loupe présentée par la grande ouverture de la couronne fixe C est roulée par le cylindre rotatif D qui la comprime de plus en plus et la rejette par la sortie.

(1) Squeezer breveté, en 1840, en Amérique, par Gerard Ralston. 22 février, n° 8389.

Digitized by Google

La pièce peut, sans réchauffage, être laminée, dégrossie au laminoir longitudinal ordinaire à cannelures.

Les surfaces d'action de la couronne C et du cylindre D sont cannelées. Afin que le métal soit aussi comprimé suivant la longueur, sur l'arbre A est monté fou un plateau à rebords P, dont le poids fait pression. Ce plateau, entraîné dans le mouvement de rotation, remonte à mesure que la pièce s'allonge. De plus, le cylindre D est muni d'un rebord sur lequel s'applique la partie inférieure de la loupe.

Cette machine suffisait pour huit fours à puddler; l'opération durait quelques secondes (10 à 15) et malgré la compression énergique que subissait le métal, le pétrissage était irrégulier, l'expulsion des scories incomplète, le déchet assez grand et trop souvent des morceaux de loupe restaient engagés. A cause de ces inconvénients, les applications de cette machine économique ne se sont pas développées en Europe, mais en Amérique, où la main-d'œuvre est d'un prix élevé, où le martelage des loupes au pilon coûterait davantage que le roulage à la machine, celle-ci est toujours très employée et il existe peu de pilons à loupes.

Les squeezers rotatifs ont des cylindres intérieurs dont le diamètre varie de $1^m,20$ à $1^m,60$ sur une hauteur de $0^m,40$ à $0^m,60$ et tournent à une vitesse de 5 à 8 tours par minute.

Pendant le cinglage, on arrose les parois intérieures, ce qui produit des détonations capables de projeter au loin des morceaux de fer mal soudés.

C'est une des raisons qui l'ont fait rejeter en Europe.

Au lieu de placer l'arbre verticalement, on le disposa horizontalement comme *figure 3*. Ce cingleur était encore employé dans quelques forges en 1857 (1).

Les armatures cannelées de la cuve et du cylindre étaient rapportées, ce qui rendait leur remplacement plus facile.

---

(1) *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, tome I (1857).

Digitized by Google

Le cylindre avait environ $1^m,700$ de diamètre et $0^m,800$ de longueur. Il marchait à 25 tours par minute et pouvait pétrir quinze loupes quand il était possible de l'alimenter et d'enlever une telle quantité dans ce laps de temps.

Ce laminoir ne pouvait travailler que des loupes de dimensions uniformes. Des balles trop grosses occasionnaient des ruptures; les petites n'étaient pas suffisamment débarrassées des scories.

Pour le cinglage des grosses loupes pesant jusqu'à 250^{kg}, obtenues au four rotatif de l'Américain Danks (1870), celui-ci adopta une machine ou laminoir cingleur du système Winslow *(fig. 5)* qu'il modifia.

Ce cingleur comprend deux cylindres cannelés tournant dans le même sens à un nombre de tours de 15 à 20 par minute.

Au-dessus se trouve un excentrique de fortes dimensions tournant dans le même sens et à la même vitesse. Cet excentrique et les cylindres produisent un pétrissage rotatif donnant à la loupe une forme cylindrique, en même temps qu'elle reçoit sur l'un des bouts le choc d'un mouton horizontal à vapeur; l'autre bout s'applique contre une plaque de garde solidaire du bâti.

A sa sortie du cingleur, la loupe était livrée au four à réchauffer, puis au laminoir ébaucheur. La grande quantité de scories que rejetait le métal au laminoir montrait qu'il était préférable de comprimer ces loupes à la presse et au marteau-pilon (1).

Cependant, en Amérique, le cingleur Winslow a reçu des applications multiples.

Diverses forges ont appliqué au travail des loupes le roulage entre cylindres de formes appropriées *(fig. 6* et *7)* qui représentent la machine dite à cingler de Brown (2). La loupe est rou-

(1) *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, tome XXXI (1872).

(2) Brevet du 3 janvier 1847, n° 11781, pour machine à cingler, à laminer, à doubler, de Jérémie Brown. Cette machine était considérée par Fairbairn (1861) comme un outil des plus parfaits pour le travail des loupes.

Digitized by Google

lée, laminée transversalement entre les trois cylindres A, B, C. Le cylindre inférieur présente à chaque extrémité un large collet C′, guidant les deux cylindres A et B, les maintenant contre tout déplacement longitudinal. Le cylindre supérieur A est réglé en position à volonté au moyen de vis D. Le cylindre B peut se déplacer, s'écarter quand le passage d'une balle donne lieu à une trop forte pression. Ce cylindre B est réglé en position par des vis s'appuyant sur les coussinets des tourillons; deux pignons montés sur les deux vis sont actionnés simultanément par une même roue dont l'axe est solidaire d'un contrepoids F qui permet ainsi de régler la pression à volonté. L'inclinaison des filets des vis est telle que si la pression dépasse la limite voulue, les vis tournent et le cylindre B s'écarte.

La coupe *figure 7* montre la fin de l'opération : la loupe est sur le point de s'échapper des cylindres pour tomber sur la plaque G, où elle est comprimée par les abouts entre un rebord de la plaque G et la tête H d'un levier double dont le bras H′ est actionné par la bielle I articulée au tourillon de manivelle J rapporté sur l'axe du cylindre C.

A cette machine, véritable laminoir transversal, on préfère le laminoir longitudinal.

Sellers (1) a appliqué la compression directe et le laminage répétés au travail des loupes en augmentant et réduisant la section transversale, en faisant varier la longueur rapidement. Il a combiné un train de laminoir *(fig. 8)* pour réduire la section, augmenter la longueur et un appareil compresseur *(fig. 9, 10* et *11)* pour la réduire.

La loupe est transportée du four à puddler à un squeezer qui transforme la masse irrégulière en un cylindre avec abouts plats. Elle est étirée au pilon ou au laminoir *(fig. 8)* dans lequel elle passe plusieurs fois à travers les cannelures. Le massiau est ensuite placé sur la table B. Un cylindre C actionné par le

(1) Brevet du 16 septembre 1876.

Digitized by Google

piston hydraulique s'élève, puis la pièce est prise par un chargeur hydraulique D et pénètre dans le cylindre C. La tige G étant dégagée, le cylindre C s'abaisse en regard d'une butée M et le piston H, d'une forte presse, comprime le métal. La compression achevée, le cylindre C remonte, et le plongeur D' la fait sortir; l'opération est terminée. La barre passe ensuite au train finisseur, ou bien on renouvelle les opérations précédentes. On traite de la même manière les lingots d'acier ou de tout autre métal.

Soudage des balles de mitraille.

Les rognures, débris, déchets dits *riblons* des diverses mises en œuvre du fer donnent lieu à la fabrication de lingots ou barres de fer ébauché. Cette fabrication s'est faite de tout temps dans la plupart des forges; elle donne un excellent produit et a pris dans certaines usines, proches des grandes villes, une grande importance. On estime de 15 à 20 0/0 la part de ce fer dans la production totale actuelle.

Les ferrailles très menues telles que : tournures, découpures de tôles minces, limailles, copeaux, débouchures, déchets de fils, de pointes, de clous sont agglutinées en boule après brassage dans un four (1); puis la boule est portée sous un pilon ou sous une presse pour en former un massiau convenablement soudé en toutes ses parties.

Parfois la balle est cinglée, puis livrée de suite au laminoir ébaucheur qui achève le soudage; ou encore, le lingot ébauché est laminé en barre plate de fer dit fer ballé, que l'on coupe à la cisaille pour former des paquets.

Soudage des ferrailles en paquets.

Les ferrailles telles que : déchets de barres, bouts de vieux rails, de grosses tôles, bandages de roues, pièces de rebut coupées en morceaux, barres de fer brut, etc., se soudent en pa-

(1) Anciennement, pour chauffer le fer de mitraille, dans un four à réverbère, on employait des briques rondes ou creusets, que l'on remplissait de riblons.

Digitized by Google

quets dont la longueur et la section varient avec le poids et le profil des pièces à obtenir.

Les paquets ordinaires comprenant des déchets de faibles dimensions sont formés au moyen d'une espèce de boîte constituée par deux déchets de tôle *(fig. 6)* dans laquelle sont serrés à la presse à vis, actionnée à la main, de morceaux des rivets, chaînes, boulons, barres, au moyen d'une ligature en fer posée à froid ou à chaud (1). Le paquet, porté à la température du blanc soudant dans un four, est présenté à un martinet ou à un pilon qui le soude, l'étire en massiau. Pendant le soudage, on a soin de jeter du sable sur le paquet pour réduire l'oxydation. On obtient ainsi un excellent fer (2) si les riblons, convenablement choisis, ne sont pas rouillés. Dans le cas contraire, il convient, avant de les employer, de les nettoyer en les faisant rouler dans un tambour en fer animé d'un mouvement de rotation. Pour les paquets d'acier, il faut choisir des aciers fondus, ou cémentés, ou puddlés, qui soudent convenablement; la teneur en carbone ne doit pas être élevée. Ces paquets sont employés de préférence à des lingots coulés, afin d'éviter les fêlures, soufflures et autres défauts que présentent les gros lingots coulés, non pressés, tels que ceux pour bandages de roues, frettes à canons, etc.

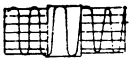


Fig. 6.

On soude également au pilon les paquets dits trousses, constitués par les morceaux de barres de fer brut dont la longueur varie de $0^m,30$ à 1^m ou plus et dont le poids varie de 100 à 1000^{kg} ou plus aussi.

On a soin de faire un choix minutieux entre les éléments dits *mises*, de manière à assortir dans un même paquet des fers de qualités diverses ou égales afin d'obtenir un produit

(1) Quelquefois, on entoure le paquet d'une couche d'argile pour empêcher le fer de brûler et réduire la perte du métal. Ces paquets ont de $0^m,15$ à $0^m,20$ d'épaisseur sur $0^m,30$ à $0^m,40$ de longueur.

(2) Ce fer est très recherché pour les pièces de machines, telles que : essieux, arbres, manivelles, bielles, tôles minces, etc.

Digitized by Google

présentant des propriétés prévues, une très grande régularité dans la qualité des fers finis. Ce choix se fait par des ouvriers connaissant bien le travail dans l'atelier de paquetage dit aussi *misserie* ou *masserie*.

Le fer obtenu est dit *corroyé*; l'opération du soudage et de l'étirage du paquet est appelée *corroyage*.

Au marteau, le corroyage se fait en une ou plusieurs chaudes, suivant la grosseur du paquet, qui est soudé sur toute sa longueur dès la première chaude si la longueur est inférieure à 1^{m}. Au-dessus les paquets se soudent en deux ou trois chaudes

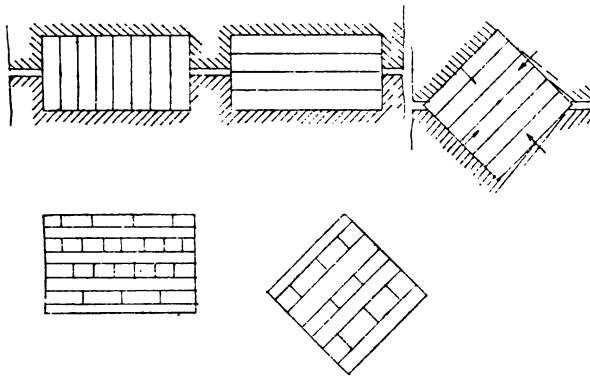


Fig. 7 à 9.

et le corroyage ou étirage complémentaire nécessite également plusieurs réchauffages si on opère au marteau, tandis qu'avec le laminoir, une seule chaude suffit ordinairement.

Souvent le paquet est livré directement du four au laminoir dit *soudeur* dont les premières cannelures présentent sur leurs faces des entailles à gripper le paquet. Le lingot de section carrée passe ensuite aux cannelures rectangulaires donnant une barre dite *lanière*, *bâtard* ou *bidon*, que l'on découpe de nouveau à la cisaille pour faire un corroyage supplémentaire.

Les cylindres cannelés soudeurs de trousses ne doivent pas avoir moins de 0^{m},30 de diamètre. Plus faibles, ils étireraient

Digitized by Google

le métal plus qu'ils ne le comprimeraient et il se produirait des pailles, des criques. On leur donne ordinairement $0^m,40$ à $0^m,60$ de diamètre, et une longueur variant de $1^m,20$ à $1^m,60$.

Lorsqu'une trousse est laminée directement sans martelage, il faut la composer de telle sorte que les barres se trouvent en plus grand nombre possible sur champ dans la première cannelure, parce que les mises horizontales se courbent, se séparent, glissent sous la pression et l'entraînement des cylindres, si ceux-ci sont à cannelures rectangulaires *(fig. 7)*. S'ils sont à cannelures carrées ou en V *(fig. 8)*, l'inconvénient disparaît par rapport à deux des faces, mais il existe encore pour les deux autres. C'est pourquoi il convient de disposer autant que possible les trousses à barres entre-croisées *(fig. 9)*. Le croisement des éléments a en outre le grand avantage de mieux lier les soudures entre elles. Ces paquets se soudent et se dégrossissent convenablement dans un train à cannelures rectangulaires pour les premiers passages et à cannelures en V pour les passages suivants qui doivent fortement étirer la pièce.

Au sortir des laminoirs les barres d'ébauches présentent des surfaces plus ou moins régulières avec défauts, tandis qu'après corroyage, les barres sont plus lisses et de plus bel aspect.

On emploie avantageusement pour le soudage, le dégrossissage des gros paquets courts, un train composé de deux trios disposés comme *figure 1*, *planche V* (1) et possédant des vitesses différentes.

L'une des cages comporte un trio à cylindres de gros diamètres et à vitesse modérée, qui donnent rapidement un fort corroyage au paquet.

L'autre cage est pourvue de cylindres de plus petits diamètres et à plus grande vitesse que celle des précédents.

Ils étirent le paquet dont la longueur est déjà prononcée.

On peut remarquer que les axes des cylindres de la première

(1) Laminoir Flotat (Châl. 1855). Brevet du 6 mars 1880.

Digitized by Google

cage et ceux de la deuxième ne sont pas en prolongement; disposition motivée par la commande de la deuxième cage.

Selon les échantillons à dégrossir, les trains peuvent se composer de plusieurs cages à cylindres placés à la suite.

Par exemple, une forge peut comporter :

Un train-ébaucheur trio à trois paires de cages actionné par une machine de 300^{chvx}, et alimenté par une trentaine de fours à puddler.

Six à huit cisailles pour le découpage des ébauches ou fers bruts devant servir à la préparation des masses ou paquets.

Trois marteaux-pilons de 2.000 à 4.000^{kgm} pour le cinglage des loupes.

Les laminoirs finisseurs peuvent comprendre :

1° Deux trains trios de 250^{mm} de diamètre actionnés au moyen d'engrenages par une machine de 350^{chvx}. Chacun d'eux est pourvu d'un équipage dit : train d'aisance trio à une paire de cages;

2° Un train trio de 550^{mm} de diamètre, avec cinq paires de cages, actionné par un moteur de 400^{chvx}, tournant à une vitesse de 100 tours par minute;

3° Un train trio de 650^{mm} de diamètre, avec trois paires de cages, mû par un moteur de 500^{chvx}, tournant à 120 tours. L'usine à fer est munie de dresseuses, cisailles et autres outils servant au parachèvement des barres.

Le trio à cannelures trapézoïdales est aussi employé pour souder et ébaucher les paquets. Les cannelures sont ouvertes *(fig. 2 et 3, pl. V)*; les sections restent semblables et décroissent dans le même rapport que celui des cannelures en V. Il convient de présenter le paquet à la première cannelure, de manière que les mises soient laminées sur champ afin d'assurer un meilleur soudage.

Le trio est muni d'un releveur équilibré (1) à vapeur, pré-

(1) *Annales des Mines*, 6e série, tome I, 1862. Mémoire de MM. Gruner et Lan.

Digitized by Google

sentant à chaque passage alternatif le paquet à la cannelure supérieure après l'avoir reçu au sortir de la cannelure inférieure. La manœuvre est simple et rapide.

Si dans un trio ébaucheur les cannelures inférieures et supérieures correspondantes sont égales, le passage d'aller, soit celui dans la cannelure inférieure, peut produire tout son effet, mais le passage de retour dans la cannelure supérieure ne diminue guère la section et n'a qu'un effet relatif dû à la compression sur les faces du lingot, que l'on a fait tourner de 90° de manière à présenter la largeur en hauteur.

Pour augmenter l'effet d'étirage, on diminue le rapport $\frac{a}{b}$ de la hauteur à la largeur de la cannelure en prenant $a = 0{,}6$ à $0{,}8\ b$, et entre deux cannelures latérales, le coefficient d'allongement est porté à :

$$\lambda = 0{,}40 \text{ à } 0{,}50.$$

En adoptant $\lambda = 0{,}50$, les sections des cannelures donnent

$$\frac{S}{S'} = \frac{S'}{S''} = \frac{S''}{S'''} = (1 + \lambda) = 1{,}50;$$

les dimensions homologues sont déduites en posant

$$a' = \frac{a}{\sqrt{1{,}50}} = \frac{a}{1{,}22}, \qquad a'' = \frac{a}{1{,}22^2}, \ldots$$

$$b' = \frac{b}{1{,}22}, \qquad b'' = \frac{b}{1{,}22^2}, \ldots$$

Souvent les trois cannelures correspondantes d'un trio n'ont pas les mêmes dimensions, afin de répartir l'étirage à peu près également dans les deux passages d'aller et de retour du lingot.

Il est préférable de disposer des cannelures correspondantes deux à deux et non trois à trois, comme dans le laminoir que nous signalons plus loin pour les lingots d'acier.

Pour faciliter la confection des paquets, obtenir des surfaces extérieures exemptes de lignes de soudures, ils comprennent des parois extérieures dites couvertures ou couvertes qui s'emboîtent ou non partiellement *(fig. 10)*.

Digitized by Google

Ces couvertes sont laminées et découpées à longueur convenable; maintenues dans un châssis pour la formation du paquet, elles sont liées avec du fil de fer.

Si les paquets se font avec des bouts de rails, de fers profilés, les vides sont remplis avec des riblons, des tournures afin, d'assurer la soudure des mises, éviter l'oxydation dans les vides pendant la chauffe, qui est d'autant plus régulière que le paquet est moins volumineux et que les pièces qui le composent sont d'échantillons de même section.

On conçoit aisément que des mises minces portées à haute température avec des mises épaisses, les premières pourront être brûlées alors que les autres ne soient encore suffisamment chauffées.

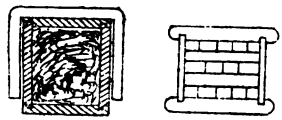


Fig. 10.

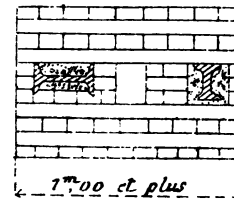


Fig. 11.

Dans un gros paquet *(fig. 11)* on y laisse un trou de manière à y loger l'extrémité d'un levier de manœuvre suspendu à la grue qui l'amène au pilon.

La confection des paquets destinés aux grosses pièces de forge est un point très important de la fabrication, au point de vue de la résistance et du soudage complet des parties.

MM. Petin et Gaudet (1) ont préconisé l'emploi des fers à ondulations diverses, groupés et superposés de manière à obtenir un paquet de dimensions déterminées.

Ces fers *(fig. 4, pl. V)*, doivent être disposés de telle sorte

(1) Brevet du 9 novembre 1864.

Digitized by Google

que leurs joints verticaux chevauchés correspondent le moins possible.

Les fers ondulés au-dessus et au-dessous du paquet et qui forment couvertures présentent deux faces extérieures parallèles.

Tous ces fers sont obtenus par un laminoir d'ébauches à cannelures correspondantes.

M. Barbouin (1) a proposé la composition de paquets avec des fers profilés superposés, enchevêtrés les uns dans les autres, comme l'indique la *figure 5* pour destination quelconque.

S'il s'agit de pièces cylindriques telles que manchons, cercles, bandages, etc., le paquet est formé d'une ou plusieurs barres enroulées sur champ en hélice, soit dans le même sens, soit en sens inverse *(fig. 6)*.

On dispose aussi dans l'intérieur du rouleau des sortes de douves ou barres placées suivant les génératrices intérieures du cylindre ou obliquement à ces génératrices. Le soudage se fait au pilon ou au laminoir. L'enroulement est parfois exécuté en spirale *(fig. 7)*; on adopte des barres dont les profils s'emboîtent partiellement, de manière à empêcher tout déversement, la soudure est facilitée, on augmente les surfaces de contact et on bénéficie des avantages de la soudure à plat sur la soudure sur champ. Cette disposition est particulièrement avantageuse pour les grosses frettes (2) que l'on exécute en fer soudé de préférence au fer fondu.

Corroyage des lingots.

Les lingots de métal fondu donnent aussi lieu à un dégrossissage, un étirage ou corroyage en vue d'améliorer la qualité du métal en resserrant les molécules. Ce corroyage se fait au marteau, à la presse ou au laminoir.

Le martelage est ordinairement simple; il s'applique aux

(1) Brevet du 16 mars 1868.

(2) Brevet du 28 mai 1883 (Société des aciéries et forges de Firminy).

Digitized by Google

lingots d'acier tout particulièrement; il se fait au marteau-pilon à simple effet si le lingot est de grosses dimensions; le marteau à double effet est employé pour les dimensions moyennes et petites.

Le martelage doit être suffisamment énergique pour produire son action dans toute la partie frappée et déterminer un certain étirage dirigé vers l'ébauche de la pièce à obtenir.

La presse est aussi employée, par exemple, lorsqu'il s'agit de grosses masses d'acier demi-dur, que l'on veut serrer à cœur, les outils emboîtant la pièce sur la plus grande partie de son pourtour. Pour les métaux capables de supporter la percussion, le martelage est encore le plus souvent préféré au pressage, parce qu'on obtient un métal plus serré, plus dense dans toutes ses parties.

Pour assurer une bonne homogénéité, une amélioration suffisante des qualités du métal, lorsqu'il s'agit d'acier doux fondu, la section du lingot doit être au moins de quatre à cinq fois celle de la pièce achevée.

Le corroyage des lingots au laminoir est le plus souvent un dégrossissage, en vue de l'obtention des pièces prismatiques ou profilées que l'on achève dans un train finisseur.

C'est ainsi que les lingots de cuivre, d'acier sont dégrossis dans des trains à cannelures en V ou rectangulaires. Par exemple, un lingot de cuivre (section 200/300) est corroyé en sortant de la lingotière, dans un duo à cannelures carrées striées pour les deux premières. Le passage se fait deux fois dans chaque cannelure, en tournant de 90°.

Le lingot amené à la forme cylindrique de diamètre de $0^m,10$ est découpé en longueurs de $0^m,80$ à 1^m, les abouts donnant une chute de $0^m,10$; puis les morceaux sont tournés pour en enlever la partie extérieure qui souvent présente des criques ou des petites soufflures allongées.

Du tour, ils vont aux fours à réchauffer, et ils sont laminés de nouveau en barres rondes que l'on découpe ou non, en vue

Digitized by Google

de l'étirage, suivant que le diamètre doit être plus ou moins réduit.

S'il s'agit de lingots d'acier, les pièces sont ébarbées, les jets sont cassés ou coupés, s'il y a lieu, puis, réchauffées ou non, elles sont martelées ou laminées.

Un martelage préalable est utile si le lingot doit être laminé, étiré avec des cylindres lisses, attendu que le laminage, dans ce cas, produit plutôt un étirage que la consolidation du métal, surtout si les diamètres des cylindres ne sont pas en rapport avec l'épaisseur du lingot.

Pour le corroyage de ces lingots, il est préférable d'employer des cylindres à cannelures rectangulaires qui pressent le métal sur tout son pourtour *(fig. 8)*. On adopte aussi des cannelures ondulées ou à empreintes pour le premier passage, ainsi que l'indique le laminoir *(fig. 9, pl. V)* (1).

Le passage ultérieur dans les cannelures lisses rabat les saillies et dans ce nivelage le métal subit encore une compression locale dont l'effet est de le rendre plus sain, plus liant.

Pour éviter les difficultés des laminoirs à changement de marche (2) et les trios, ce train comprend deux paires de cylindres à peu près au même niveau, bout à bout, une paire un peu en avance sur l'autre, de sorte que l'arbre de conduite du cylindre inférieur de la paire la plus éloignée passe à côté du cylindre inférieur de la paire la plus proche qu'il conduit aussi au moyen d'un engrenage. Les deux paires de cylindres tournent en sens inverse et un paquet ou lingot que l'on a passé dans l'une des paires peut être retourné de suite par l'autre paire.

Le lingot quittant les cylindres P, par exemple, est reçu dans un chariot Q, reposant sur des rouleaux R; on enlève le chariot

(1) Train Scott. Brevet 1875.

(2) Le laminoir pour dégrossissage des lingots dit réversible par le changement de marche du moteur, a été appliqué, vers 1865, par M. Ramsbottom, directeur de l'usine de Crewe.

Digitized by Google

au moyen d'une grue pour le porter sur les rouleaux de l'autre paire de cylindres P′ et l'engager dans l'une des cannelures de ces cylindres.

Reçu ensuite sur un chariot analogue, il est reporté par une autre grue aux cylindres P pour repasser dans la cannelure suivante.

On donne souvent le nom de bloom au lingot et celui de blooming ou de cogging au laminoir ébaucheur.

Trio à cannelures alternantes.

Dans le trio *figure 10* (1), les cylindres présentent des saillies analogues à des dents d'engrenage très arrondies, les cannelures sont à collets pour maintenir le métal latéralement. L'action des dents, dont la hauteur est d'environ $0^m,02$ à $0^m,04$, produit une compression énergique, opère une espèce de cinglage qui fait couler les matières étrangères.

Un lingot de $0^m,30 \times 0^m,30$ par exemple, passe dans la cannelure 1 ($0,275 \times 0,30$), puis retourné il est engagé dans la cannelure 2 ($0,250 \times 0,30$), puis tourné sur champ il passe par 3 ($0,275 \times 0,25$), retourné il passe dans 4 ($0,25 \times 0,25$), et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ait été réduit au degré voulu. Ensuite on unit la surface, en le faisant passer par des cannelures unies U, U′ ou U_1, U'_1. Les cylindres de diamètre $0^m,45$ à $0^m,50$ suffisent pour des lingots de $0^m,30$; au-dessus on emploie des diamètres de $0^m,60$ à $0^m,65$. Ils tournent à une vitesse d'environ $0^m,50$ à 1^m par seconde. Avec des cylindres cannelés, le travail mécanique est réduit au quart de celui qu'exige le procédé de laminage avec cylindres lisses. Ce laminoir peut ébaucher une dizaine de tonnes par heure. Pour les paquets composés de mises en fer ou en acier, on emploie deux paires de cylindres à saillies et une paire de cylindres lisses. Les lingots pour tôles sont cinglés, corroyés par deux cylindres à cannelures longitudinales sans collets, avec disposition de serrage ordinaire *(fig. 11)*.

(1) Train Billings. Brevet 1875.

Digitized by Google

Trio à écartement variable des cylindres.

En vue de réduire l'outillage des dégrossisseurs, on adopte des trios avec deux cylindres mobiles (*fig. 12, 13* et *14, pl. V*) (1), qui permettent des écartements variables dans une assez grande limite.

Le cylindre inférieur A est fixe; le cylindre du milieu B, en tout ou en partie équilibré, est commandé pour le déplacement vertical par un piston à double effet. Dans la position inférieure, il est supporté par les saillies M des cages; dans la position supérieure, il s'appuie par ses tourillons sur les coulisseaux N qui transmettent la pression aux vis. Le cylindre supérieur C est supporté par des contrepoids de manière à toujours prendre appui sur les vis de pression. Cela étant, pour une position déterminée des vis, si le cylindre du milieu est déplacé, on obtient la disposition des *figures 12* et *14*.

Dans la position *figure 12*, on lamine entre le cylindre inférieur A et celui du milieu B. Dans la position *figure 14*, on lamine entre les cylindres B et C. Il suffit donc de déplacer le cylindre B du milieu pour laminer successivement en bas et en haut. Si l'on serre ou desserre les vis de pression, c'est-à-dire si on déplace le cylindre C et si on déplace aussi le cylindre du milieu, on engendre de nouvelles cannelures. Les *figures 15, 16* et *17* se rapportent à une application pour le dégrossissage des lingots d'acier. *Figure 17*, les cylindres sont dans la position d'un trio fixe. *Figure 16*, les cylindres sont écartés de 50^{mm} de plus que dans la position précédente. *Figure 15*, l'écartement est de 100^{mm}.

Pour un lingot de 350 × 350, on utilise les cannelures 21, 22, 21, 22, 13, 14, 15, 16, 25;

Pour un lingot de 350 × 400, on utilise les cannelures 11, 12, 21, 22, 21, 22, 13, 14, 15, 16, 25.

(1) Brevet du 31 août 1892 à la Compagnie des hauts fourneaux, forges et aciéries de la marine et des chemins de fer.

Digitized by Google

Pour un lingot de 350 × 450, on utilise les cannelures 1, 2, 11, 12, 21, 22, 21, 22, 13, 14, 15, 16, 25.

On pourrait multiplier les exemples. En se servant de ces dispositions pour profiler, on fait une économie de cylindres ébaucheurs.

Aux États-Unis d'Amérique, le trio blooming tend à être adopté dans la plupart des usines; de même, en Europe, le matériel des préparateurs et des finisseurs se transforme en vue de la production rapide et économique par l'emploi des laminoirs trios, tels que celui de Fritz Holley, ou de duos réversibles.

Les trios pour gros lingots de $0^m,30$ à $0^m,40$ de côté pesant de 1.500 à 2.500^{kg} ébauchés en blooms carrés en vue de la fabrication des rails ont des cylindres de $0^m,75$ à $0^m,90$ de centre à centre tournant à 45 tours par minute ou plus.

« Le trio blooming de Fritz Holley *(fig. 1, 2, 3, pl. VI)* (1) comporte des cylindres de $0^m,90$ de diamètre, $2^m,25$ de longueur, présentant douze cannelures rectangulaires ouvertes, à serrage fixe. Il est muni d'un tablier releveur qui opère mécaniquement toute la manœuvre du laminage.

» Le lingot déposé sur la table d'alimentation, à l'avant du train, est poussé par les rouleaux automatiques dans la cannelure 1; il revient par 2, passe par 3 après avoir fait un quart de tour, et ainsi de suite jusqu'à la cannelure 12. La pression est de $0^m,030$ environ à chaque cannelure.

» Toutes les manœuvres se font au moyen des tables inventées par Georges Fritz; ces tables amènent le lingot à la hauteur voulue, le poussent entre les cylindres, le retournent à volonté, et le présentent devant la cannelure où il doit s'engager.

» Elles se composent de deux forts cadres en fer, disposés horizontalement, garnis de rouleaux et portés chacun par quatre pieds ou bielles verticales *b*, soutenues deux à deux par

(1) *L'Industrie sidérurgique aux États-Unis d'Amérique*, par M. Paul Trasenster. — *Revue universelle des mines*, 1885, page 577. (Extrait.)

Digitized by Google

des têtes de chevaux situées dans les fondations; des contrepoids équilibrent les tabliers, et une longue bielle horizontale relie les quatre têtes de chevaux à un piston hydraulique *p*, qui leur imprime un mouvement d'oscillation et détermine ainsi la levée ou la descente des tables.

» La rotation des rouleaux alimenteurs est commandée par les roues d'angle calées sur deux arbres *a* régnant d'un des côtés sur toute la longueur des tables; ces arbres sont activés par un petit moteur indépendant *m* à deux cylindres conjugués et à changement de marche, par l'intermédiaire de trois engrenages à articulation, qui transmettent le mouvement de l'axe fixe *a'* à l'axe mobile *a*, qui s'élève et s'abaisse avec le tablier, quelle que soit la position de ce dernier.

» Il n'y a qu'une roue d'angle pour trois rouleaux; chaque rouleau commandé active les deux rouleaux voisins au moyen de cinq roues d'engrenage situées de l'autre côté de la table et représentées, pour les trois derniers rouleaux de gauche, dans la *figure 2*.

» Parfois, le renversement des rouleaux est automatique.

» Pour déplacer le lingot sur la table de façon à l'amener devant la cannelure voulue, ou pour le retourner, on se sert d'une sorte de peigne porté par un chariot à 16 roues *cc*, qui est situé sous la table, et qu'un piston hydraulique *p'* fait mouvoir parallèlement aux cylindres du laminoir. Ce peigne présente quatre dents, espèces de sabres armés de pointes qui passent entre les rouleaux de la table antérieure, de façon à faire saillie au-dessus de la table, lorsque celle-ci occupe sa position inférieure. On peut alors, au moyen du piston *p'*, déplacer le lingot en faisant agir le peigne *figure 4*.

» La table d'avant seule est pourvue de sabres, parce que le rôle de la table d'arrière se borne à relever le lingot sortant de la cannelure inférieure et à le faire repasser dans la cannelure supérieure située en surplomb de la précédente.

» C'est également le peigne qui fait faire au bloom le quart

Digitized by Google

de tour qui, comme on l'a vu, doit coïncider avec la descente de la table; il suffit, pour cela, d'amener la pointe des sabres en dessous d'une arête du bloom, pendant que la descente de la table a lieu; le bloom fait ainsi un quart de tour autour de la seconde arête en contact avec la table, comme le montre la *figure 4.* »

Un tel blooming-trio passe un lingot en deux minutes et peut reproduire 800^{t} en vingt-quatre heures. Le blooming est conduit par une machine horizontale à un cylindre, à condensation, à détente variable par le régulateur, attaquant directement l'arbre médian du trio et tournant à 45 tours : diamètre 0^{m},90, course 1^{m},80, vapeur à 5^{kg} de pression, volant de 60^{t} et de 7^{m},50 de diamètre. Au sortir du blooming, le bloom, qui a 7 à 8^{m} de longueur, est dirigé sur des rouleaux vers une cisaille qui l'affranchit et le divise ordinairement en cinq lopins de 300^{kg}. Les lopins qui présentent des défauts de surface passent sous un pilon de 2^{t},5, avant d'être enfournés.

La *figure 5* représente un laminoir à lingots, à dispositions analogues à celles du précédent. C'est un duo dont les cylindres non figurés ont un diamètre de 1^{m} et pèsent de 14 à 15^{t} (1).

Le laminoir est commandé par une machine réversible.

Les vis donnant la pression au cylindre supérieur sont actionnées par un piston hydraulique monté sur la traverse supérieure. Le cylindre supérieur est équilibré par des balances placées au-dessous de la plate-forme. Les rouleaux formant table pour recevoir le lingot sont commandés par une machine à vapeur à deux cylindres, à changement de marche, dont le mouvement est transmis par l'intermédiaire d'une série de roues coniques.

---

(1) *Engineering*, 17 juillet 1885. Laminoir construit par la « Tees-side Iron and engine Works », Middlesbrough.

Digitized by Google

Affranchissage ou tronçonnage des lingots.

A la sortie du laminoir, les lingots sont ordinairement affranchis sur une partie de chacun des bouts qui présentent une homogénéité laissant à désirer.

Suivant la nature des pièces à obtenir, la chute varie. Le lingot peut aussi être débité aux dimensions données; les morceaux sont portés aux fours à réchauffer situés à proximité des trains correspondants.

Le débitage se fait au moyen de fortes cisailles telles que celle *figure 6* (1), actionnée par piston hydraulique à dispositions simples, convenables pour des sections moyennes ($0^m,180 \times 180$ ou $0^m,450 \times 80$).

Une cisaille hydraulique de 1000^t peut découper des brames de $0,50 \times 0,20$.

Pour les gros blooms jusqu'à $0,80 \times 0,30$, la cisaille prend des proportions considérables, comme le montre la *figure 7*.

La cisaille est commandée par un moteur à vapeur à deux cylindres de $0^m,70$ de diamètre; les roues d'engrenage ont des dentures chevronnées. Un bélier hydraulique maintient le tronçon lorsqu'il est coupé. Deux trains de rouleaux actionnés par des moteurs à vapeur verticaux desservent la cisaille, facilitent la manœuvre des pièces.

Le tronçonnage des lingots ébauchés se fait aussi à la scie circulaire. Les *figures 8* et *9* (2) se rapportent à une scie oscillante pour lingots de $0^m,250 \times 0^m,250$.

Les deux mécanismes moteurs actionnent directement l'arbre supérieur portant deux poulies en fer dont les courroies donnent le mouvement à l'arbre de la scie, à raison de 1500 tours par minute.

---

(1) Constructeur Henry Berry et Cie, Leeds.

(2) *Génie Civil*, 1891.

Digitized by Google

L'oscillation de l'outil est obtenue par un pousseur à vapeur agissant par une bielle sur le cadre portant l'arbre de la scie.

Le banc de support des lingots à découper présente, suivant son axe, une échancrure dans laquelle pénètre la lame dentée, ce qui lui permet de plonger dans un bassin plein d'eau pour se refroidir.

On emploie aussi des scies sans fin pour débiter les gros blooms d'acier jusqu'à $0^m,70$ d'épaisseur. Nous avons vu dans la première partie que le disque sans dents pouvait être employé avantageusement pour petites et moyennes sections.

Barres ordinaires carrées, plates, martelées.

Les massiaux, les lingots s'étirent en barres, dites marchandes, au marteau ou au laminoir.

Le martelage n'est plus employé qu'exceptionnellement pour la fabrication des petites barres de fer, d'acier, de cuivre, tandis qu'autrefois c'était le seul procédé suivi.

Pour former une barre avec un massiau, en opérant au marteau, il faut que la section soit simple, carrée ou rectangulaire.

L'étirage se fait en martelant vivement et alternativement sur chaque face. Les chaudes successives suivies de la compression de martelage produisent une action améliorant la qualité, au point de vue de la ténacité et de la ductilité que le métal acquiert par le rapprochement des molécules.

Bien forgé, le métal en barre de bonne qualité présente une netteté de surface et l'absence de défauts.

L'étirage en barre se faisait le plus souvent au martinet, battant plus ou moins rapidement suivant la section. Citons l'extrait suivant de l'*Encyclopédie :*

« La *figure 1, planche VII*, représente l'opération de forger ou étirer l'encrenée. Le forgeron ou marteleur est occupé à

Digitized by Google

étirer l'encrenée qu'il tient de la main avec les tenailles à coquilles, serrées par une clame ou anneau... Il donne quartier à la pièce qu'il forge pour que les coups du marteau qui est renvoyé avec violence par le ressort, tombent alternativement sur les différentes faces du barreau qu'il meut aussi en long sur le travers de l'enclume, pour que les coups du marteau ne tombent pas toujours au même endroit.

» Par cette opération la pièce s'allonge et devient dans son milieu un barreau ou une bande méplate de l'échantillon demandé. On réchauffe ensuite la partie extrême que l'on étire de la même manière. On la pare sur la longueur de l'aire de l'enclume, comme le montre la *figure 2*, en faisant tomber les coups du marteau tantôt sur le plat de la bande, tantôt sur le champ, pour effacer toutes les empreintes des coups de panne que le marteau y a faites en étirant la barre, et par ce moyen en bien dresser les faces, et en former les vives arêtes, ce en quoi consiste la perfection de cette opération pendant laquelle le goujat jette l'eau qu'il puise dans la bâche, sur le marteau et l'enclume. Cette eau fait détacher les écailles de la bande de fer que l'on veut parer, de laquelle toutes les inégalités occasionnées par la panne du marteau lorsqu'on l'a étirée en travers de l'enclume disparaissent (1).

» Le martinet sert à étirer le fer en grosses barres pour les réduire en plus petits échantillons, bien dressés et bien polis pour différents ouvrages de serrurerie. On coupe le fer de forge de deux à trois pieds de longueur; on en met dix, douze morceaux à la fois au feu; on commence par faire chauffer le milieu. Le martineur est assis proche le marteau, sur un banc, tenant d'un bout dans un crochet de fer où il est mobile, et suspendu de l'autre par une chaîne, afin de pouvoir avancer et reculer sans se déplacer.

» Le chauffeur porte une pièce quand elle est chaude; le mar-

(1) Cet extrait a été écourté dans ses divers paragraphes.

Digitized by Google

tineur la fait battre sur le travers de l'enclume et du marteau pour l'étirer. Il ne se lève que pour parer, et arrose lui-même le fer en tournant un petit robinet répondant au-dessus du marteau. Quand la première est battue d'une étendue convenable à la chaude, le chauffeur en apporte une seconde, et successivement, jusqu'à ce qu'ils en aient ce qu'ils peuvent forger en un jour; puis on recommence à chauffer une autre partie de la barre, et ainsi jusqu'à ce qu'elles soient finies.

Les fers se battent en barreaux de cinq, six à sept lignes; en mi-plats, en ronds, en bandes de deux à trois lignes d'épaisseur, pour cercles de foudres, etc. On y bat et arrondit du fer pour les fileries; dans ce cas, le martineur ne le pare jamais, mais se contente de l'étirer sur le travers, crainte de déranger le fil des nerfs. Deux ouvriers peuvent forger cinq cents de fer par jour ». (Extrait de l'*Encyclopédie*, tome VII.)

Les forgerons étaient souvent tenus d'étirer sous le gros marteau pesant de 50 à 150 livres des barres qui n'avaient que 10^{mm} d'épaisseur sur 30^{mm} de largeur. De plus, on exigeait parfois une grande exactitude dans les dimensions.

Les bons martineurs étaient recherchés; ils adoptaient toujours une panne de peu de largeur en acier de dureté moyenne, de même que la table de l'enclume que l'on polissait à la meule souvent.

Le martinet ou macas battait avec rapidité pour étirer par chaque chaude une grande longueur.

L'arbre moteur portait de 12 à 20 cames.

Les bidons carrés de $0^{m},08$ de côte s'étiraient avec un marteau de 350^{kg} dont la panne avait $0^{m},05$ de largeur sur $0^{m},37$ de longueur. La table de l'enclume était arrondie.

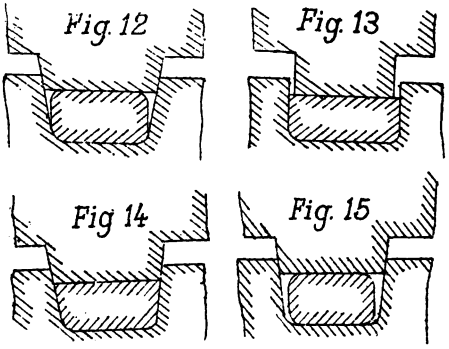
Aujourd'hui, lorsque l'on corroye au marteau des barres d'acier, de fer ou de cuivre, on emploie les pilons mécaniques actionnés par courroie, ou les pilons à vapeur automatiques battant un grand nombre de coups par minute, tels que celui *figure 3, planche VII.*

Digitized by Google

Barres laminées.

Nous avons déjà signalé que les premières applications du laminoir comportèrent la régularisation de l'épaisseur des bandes de divers métaux ; puis cet outil servit à préparer les plates à refendre en petits échantillons.

Dès que l'on se servit du laminoir pour ébaucher les loupes, on étendit son emploi à la confection des barres plates ou carrées. En sortant des préparateurs ébaucheurs, les massiaux ou lingots, étant réchauffés, sont passés à un train dégrossisseur, puis au train finisseur qui donne à la barre sa section définitive.



Les cylindres du dégrossisseur sont ordinairement à cannelures fermées et à angles arrondis. La cannelure *figure 12* est de forme trapézoïdale pour assurer un ajustage précis, éviter les bavures qui s'étendent longitudinalement lorsqu'il y a du jeu entre les rebords *(fig. 13)*, bavures qui déterminent des pailles lorsqu'elles se refoulent.

La largeur des cannelures doit être réglée de manière que la barre laminée remplisse le vide sous l'action de la compression *(fig. 14)*.

Une cannelure trop étroite donnerait lieu à des bavures, des arrachements sur les champs ; une cannelure trop large ne régularise pas bien les champs qui s'arrondissent *(fig. 15)*.

Les cylindres pour barres sont cannelés de manière que la pièce passe par une série plus ou moins nombreuse de canne-

Digitized by Google

lures d'un calibre décroissant, dont la dernière a les dimensions de la barre qu'on veut obtenir.

La décroissance des sections est plus rapide dans les cylindres dégrossisseurs que dans les finisseurs. On admet une réduction de section de 0,15 à 0,25 variable avec la nature du métal, la vitesse des cylindres et le degré de température.

Pour les cylindres finisseurs à fers marchands, les cannelures ont des sections dont la décroissance suit les dimensions commerciales, parce que presque toutes les cannelures jouent le rôle de finisseuses.

Trousses pour fers carrés.

Les trousses pour fers carrés sont composées soit entièrement de mises d'ébauchés, soit le plus souvent de mises d'ébauchés avec une certaine proportion de mises corroyées placées à l'extérieur *(fig. 4* et *5)*, particulièrement vers les angles pour mieux résister à l'étirage prononcé des angles de fond des cannelures en V et éviter les criqures ou déchirures des angles de la barre.

Dans les gros paquets, les mises comprennent aussi des chutes de rails en fer, ou de fers profilés, laissant des vides remplis avec des riblons menus.

La composition de ces trousses dépend surtout de la qualité à obtenir et leurs dimensions se règlent sur celles des barres, ainsi que sur les moyens de chauffage dont on dispose et sur les dimensions des premières cannelures des laminoirs soudeurs.

Autant que possible, il convient de croiser les mises, pour obtenir des soudures dans les deux sens et un enchevêtrement des fibres favorable à la résistance du métal.

Cannelures pour fers carrés.

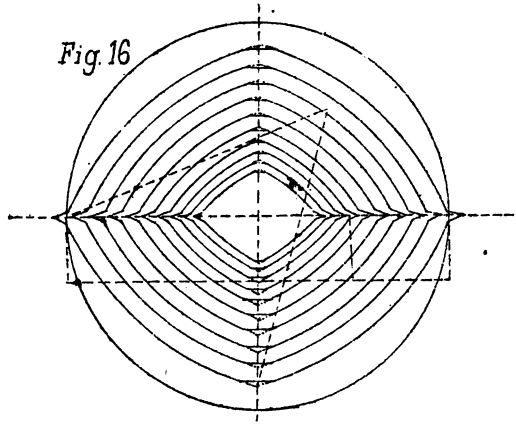
La section carrée se prêtant au laminage sur angle, les premières cannelures ébaucheuses peuvent être de forme ogivale

Digitized by Google

à surfaces striées; puis, pour obtenir un allongement rapide sans déterminer de criques aux angles passant dans le fond des gorges, on étire la barre en la faisant passer alternativement dans une cannelure ovale aplatie et dans une cannelure carrée rétablissant la section carrée.

Les allongements successifs sont alors compris entre 0,50 et 0,30. La *figure 16* montre la variation des sections.

A l'achèvement, on fait passer la barre, à plusieurs reprises dans la dernière cannelure, en la faisant tourner de 90°.



Pour les grosses barres, les cannelures finisseuses sont un peu allongées sur la ligne médiane horizontale et les angles des sommets sont de 90 à 93° *(fig. 17)*, cette dernière valeur correspondant aux plus fortes dimensions et a pour but de contre-balancer l'action du retrait, la section tendant à affecter la forme *figure 18* (1), par suite du refroidissement plus rapide

(1) Cette forme est celle prise par les plaques de colle forte, découpées suivant une forme carrée ou rectangulaire lorsque la colle est à l'état pâteux. En se solidifiant, la forme carrée se transforme comme l'indique le croquis. C'est la forme que tendent à prendre les lingots fondus et dont le refroidissement extérieur s'opposant à la contraction naturelle détermine des tensions intérieures pouvant, avec certains aciers, produire des tapures longitudinale qu'il faut ressouder à l'étirage.

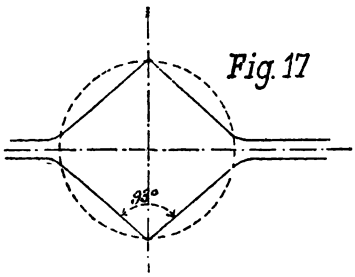
Digitized by Google

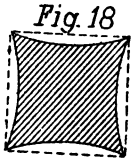
sur les angles qu'au milieu ; il convient de donner la forme *figure 19*, avec courbure des faces moins prononcée.

Le déplacement du cylindre supérieur du laminoir permet d'obtenir les dimensions intermédiaires de cannelure en cannelure ; la décroissance des cannelures est ordinairement de 5 0/0 de leur côté.

On adopte aussi pour les barres d'acier doux les cannelures conservant à la pièce la section carrée ; il n'y a que les deux premières qui soient de forme rectangulaire *(fig. 6, pl. VII)*.

Pour les barres de petite section, on part d'une billette réchauffée, provenant d'une barre d'ébauché ou de corroyé qui





a été découpée en plusieurs morceaux. Une trop grande longueur pourrait provoquer des accidents. Il importe de guider les petites barres aux passages, dans les dernières cannelures.

Les barres de faible section se font au train dit *petit mill*.

Les barres de moyenne et de grosse section se font au train dit moyen ou *grand mill* (sections maxima 120mm à 150mm de côté). Ces trains comprennent souvent *(fig. 7, 8* et *9)* un trio ébaucheur et deux cages de bios finisseurs à cylindres rechangeables à volonté.

Afin d'accélérer le dégrossissage des lingots pour barres, le

Digitized by Google

train peut comprendre sept cylindres constituant un trio disposé au milieu de deux duos *(fig. 20)* (1).

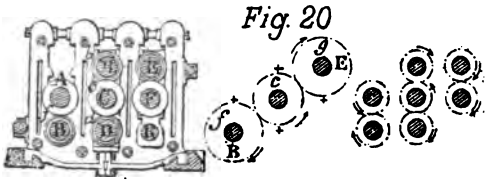
La loupe ou le lingot est engagé entre les cylindres A et B, puis passe en même temps entre les cylindres C et D du trio.

A la sortie de ces cylindres, la pièce s'applique sur un rouleau R.

La barre est ensuite soulevée et présentée aux cylindres E, F et passe en même temps entre les cylindres H et C du trio.

On obtient ainsi quatre réductions, en passant en arrière et en avant.

Les cylindres présentent un nombre de cannelures variables suivant les dimensions à obtenir.



La *figure 20* montre la commande des laminoirs B, C, E, le laminoir C tournant plus vite que B et E. Elle indique aussi la méthode de relier chaque rang de cylindres.

Barres plates de fer.

Les paquets pour barres rectangulaires sont analogues à ceux pour barres carrées. Dans les dimensions courantes, on peut n'employer que de l'ébauché. Pour les longues barres et les faibles épaisseurs, il est nécessaire de mettre des couvertes en corroyé.

La proportion d'ébauché et de corroyé dépend aussi de la qualité à produire. Les gros paquets peuvent également recevoir des chutes de fer profilés ou autres. En général, les trousses doivent comporter des produits de meilleure constitution à

(1) Brevet du 15 février 1881 à P. Kirk (Workington), *Engineering*.

Digitized by Google

mesure que l'épaisseur de l'échantillon est plus mince, l'étirage prononcé ayant pour effet de produire de nombreuses criques ou gerces si le métal n'est pas suffisamment ductile et résistant. Pour les faibles épaisseurs, on emploie de plus en plus l'acier doux ou le fer fondu, dont la malléabilité, la ténacité, la ductilité sont très favorables à un grand allongement en section réduite. Les barres proviennent alors de lingots ou morceaux ébauchés, de dimensions convenables, que l'on réchauffe. Il en est de même pour tous autres métaux malléables fondus dont les propriétés de résistance s'améliorent dans une grande mesure par un laminage prononcé (1).

Le laminage se fait en cannelures dégrossisseuses et finisseuses. On emploie, soit des trains bios, soit des trios pour les barres ordinaires.

Le bio fait perdre du temps, ce qui est défavorable par suite de la chute de température vers la fin du laminage, ce qui réduit le rendement.

Le trio est préférable, l'étirage dans les deux sens permet d'opérer plus rapidement.

Les cylindres ont chacun de 4 à 8 cannelures suivant les dimensions de la barre *(fig. 10, 11, 12, 13* et *14, pl. VII)*.

Dans le cas d'un trio pour petites barres, les creux et les cordons sont disposés de manière à ménager deux à deux une cannelure *(fig. 15* et *16)*.

Parfois le trio est disposé de manière que le cylindre du milieu *(fig. 17)* présente une série de cannelures sur toute sa longueur, les deux autres n'étant cannelés que sur la moitié de leur longueur, ce qui assure plus de précision aux finisseuses.

On adopte encore des trios à cannelures mixtes, c'est-à-dire comportant des dégrossisseuses et des finisseuses.

(1) A titre d'actualité, notons que l'aluminium est laminé aux forges de Sedan (G. Parent, Châl. 1866-69), en carrés jusqu'à 120^{mm} de côté, en ronds jusqu'à 120^{mm} de diamètre, en plats, cornières, fers divers, dont les éléments de résistance à la traction accusent 16 0/0 d'allongement et une ténacité de rupture de 20^{kg}. (Densité 2,7.)

Digitized by Google

Les cannelures des cylindres à fers plats sont construites de manière à pouvoir laminer un grand nombre de dimensions différentes; à l'exception des deux ou trois premières cannelures, toutes peuvent être finisseuses. Dans le cas d'un bio, en déplaçant le cylindre supérieur, on obtient un grand nombre d'épaisseurs différentes pour des largeurs limitées, variant de 2^{mm} pour les gros fers à $0^{mm},8$ pour les petits. Les cylindres s'emboîtent exactement pour assurer la précision du laminage.

Afin de donner du poli aux fers plats minces, on les fait passer finalement sous une faible pression entre deux cylindres lisses dits polissoirs, constamment humectés d'eau pour faciliter la chute des battitures.

Les fers dits feuillards y passent également, mais en recevant une pression suffisante pour arrondir les faces de champ. Avant de s'engager dans une dernière paire de planeurs-polisseurs, la bande passe sur un racloir qui lui enlève sa couche d'oxyde.

La bande, coupée aux extrémités par une cisaille, est mise à refroidir, puis on en forme une botte plate. Elle a une longueur de 10 à 15^{m}.

En vue d'éviter le grand nombre de cylindres de rechange que doivent posséder les forges pour laminer les multiples échantillons que réclament les diverses constructions, on a cherché à combiner les cylindres et leurs collets de manière à pouvoir exécuter de larges plats dans une cannelure unique à dimensions variables. C'est ainsi que les forges de Châtillon et Commentry ont établi, des premières, un laminoir dit différentiel *(fig. 1, 2* et *3, pl. VIII)* (1) dans lequel les cylindres sont constitués par deux manchons J calés sur les arbres I ou axes rotatifs du laminoir. Chaque manchon présente une gorge dans laquelle s'ajuste un collet ou bague K emboîtant l'un des manchons.

Les manchons et les bagues étant déplacés longitudinalement sur les arbres, à volonté, on règle la largeur de la

(1) Brevet du 2 mars 1864.

Digitized by Google

barre dont on réduit l'épaisseur à chaque passage par le déplacement vertical du cylindre supérieur.

Ce laminoir peut s'appliquer aux petits comme aux larges plats.

Trio à bagues mobiles.

Le trio à bagues mobiles est aussi employé pour les fers plats et les feuillards. Il assure une fabrication rapide et une grande facilité pour régler les cannelures. Le modèle *figures 4* et *5* est à cylindres indépendants. Celui du milieu A reçoit la commande du moteur; il est fixe par rapport aux autres organes. Le cylindre supérieur B se déplace verticalement suivant l'épaisseur correspondant à chaque passage; il est équilibré par des contrepoids tout en étant sollicité, pour la pression, par les deux vis d'action. Le cylindre inférieur C est également mobile verticalement, équilibré par des forts ressorts et actionné par des vis de pression.

Le cylindre commandé A est pourvu en son milieu d'un collet fixe A'; de chaque côté, à distance voulue, sont disposées deux bagues DD' rapportées et convenablement maintenues. Entre le collet et les bagues s'ajustent les bagues EE' des deux autres cylindres de manière à former quatre cannelures dont la largeur est celle que doit avoir la bande à produire augmentée de $1^{mm},5$ par décimètre.

La barre est présentée à la cannelure 1, puis en 2; ces deux cannelures font office de dégrossisseuses. Le cylindre supérieur B est ensuite abaissé; le lamineur engage de nouveau la barre dans les deux cannelures de gauche successivement, jusqu'à ce que la dimension soit celle jugée convenable pour le passage dans les cannelures 3 et 4 dites finisseuses, où l'opération se fait à plusieurs reprises également.

L'épaisseur étant réduite à 2, 3 ou 4^{mm}, la pièce passe aux spatards trios, une fois en haut, une fois en bas.

Pour le dégrossissage, les cylindres peuvent affecter la disposition *figure 6* pour un duo ou celle *figure 7* pour un trio.

Digitized by Google

Train universel pour barres plates.

Le laminoir dit universel est aujourd'hui très employé pour les moyens plats (1). Il a le grand avantage de faire varier à volonté les dimensions dans une limite relativement étendue, en dispensant de rechanger les cylindres et en assurant une production plus élevée et plus économique.

Il se compose de quatre cylindres unis, dont l'écartement est variable à volonté pendant la marche; deux cylindres sont disposés horizontalement pour presser les faces sur plat, les deux autres sont verticaux et font pression sur les champs.

Les *figures 8, 9* et *10, planche VIII,* représentent le laminoir Wenstrom (2). Le cylindre supérieur A se déplace verticalement par la manœuvre du volant manivelle H. Le cylindre inférieur B se déplace horizontalement, en actionnant le volant à mannettes M, ce qui permet de régler sa position par rapport au cylindre A suivant la largeur de la barre.

Les deux cylindres horizontaux C et D sont ajustés sur des supports pouvant se déplacer pour former, avec les cylindres horizontaux, une cannelure rectangulaire donnant passage à la barre qui est guidée dans son mouvement longitudinal.

Trains continus.

Les plats de faible épaisseur, tels que les feuillards, les barres à refendre pour clous, les bandes pour tuyaux, etc., se façonnent avantageusement au laminoir continu multiple de Lauth, qui permet d'opérer en une seule chaude en partant d'une billette réchauffée. Ce laminoir (*fig. 11, 12, 13* et *14* [3]) comporte une série, en nombre voulu de couples de cylindres horizontaux BB et de cylindres verticaux DD, entre lesquels passe simultanément la pièce. Les *figures 13* et *14* montrent l'ensemble de deux couples de cylindres horizontaux placés de chaque côté

(1) Le laminoir universel a été appliqué en premier lieu en Allemagne, par Daelen, en 1848.

(2) *Engineering*, 21 octobre 1881. Brevet du 22 juillet 1880.

(3) Brevet anglais de 1875.

Digitized by Google

d'un couple de cylindres verticaux. Les divers cylindres sont commandés par des engrenages dont on règle la vitesse de manière à produire un débit général de toutes les parties tel qu'il ne se produise pas de gondolement de la pièce. Il convient de déterminer entre chaque paire de cylindres horizontaux, qui sont les lamineurs, une légère traction qui tend la bande.

Pour empêcher que la barre devenant ruban se courbe transversalement sous l'action des cylindres latéraux, la pièce est guidée par un châssis *(fig. 12)*. Ce laminoir s'applique à tous métaux en bandes. Ordinairement quatre paires de cylindres horizontaux et quatre paires de cylindres verticaux suffisent.

Il est bon que la première paire de cylindres suivant la ligne d'alimentation soit verticale et que la dernière paire soit horizontale.

Il faut des lamineurs très habiles pour bien régler les pressions des divers cylindres.

On obtient avec le laminoir continu des rubans de fer ou d'acier de $0^m,001$ d'épaisseur, 300^m de longueur et de $0^m,020$ de largeur.

Ces grandes longueurs sont avantageuses pour la confection des tuyaux enroulés, pour les ressorts, pour les fers servant à la confection des chaises et divers autres objets d'industrie générale.

Les difficultés que présentent la conduite et l'entretien de ces laminoirs multiples se sont opposées à leur emploi courant et, après essais, diverses usines y ont renoncé. Nous les retrouverons cependant appliqués avec succès pour les fils ou verges de tréfilerie.

Il est préférable d'employer le laminage continu sans fin entre une ou deux paires de cylindres seulement.

Le train présente, dans ce cas, les dispositions *(fig. 15* à *24, pl. VIII)* adoptées tout récemment par M. Otto Klatte, directeur des *Walzwerk Germania*, à Neuwied-sur-Rhin.

L'ébauche annulaire est engagée entre les cylindres d'un duo *(fig. 15)*. Le cylindre supérieur est mobile pour donner la pression en vue de réduire la section. Dès que la longueur se

Digitized by Google

développe, la partie libre de la bande sans fin est supportée par une table *(fig. 16)*. Puis la bande est guidée et supportée par un rouleau *(fig. 17* et *18)* qui se déplace, s'éloigne du laminoir sous une traction réglée à volonté.

Le dégrossissage au plus près d'une barre ou d'un feuillard peut ainsi être obtenu en une chaude et sans déchets.

Pour le finissage, il convient de couper la bande et de la livrer à un train finisseur ordinaire.

Les cylindres sont constitués par des éléments assemblés permettant de remplacer aisément ceux qui s'usent.

Le cylindre supérieur *(fig. 19)* peut se déplacer longitudinalement sur son axe; il est formé d'une bague à section trapézoïdale. Le cylindre inférieur comprend deux parties principales D, E qui s'emboîtent. La partie D se déplace longitudinalement à volonté pour régler la largeur de la pièce.

La *figure 20* se rapporte à la position finale des deux cylindres. Le train peut comporter *(fig. 21* et *22)* deux paires de cylindres; les cylindres inférieurs sont en porte-à-faux pour faciliter les manœuvres de mise en place de l'ébauche et d'enlèvement de la bande.

Cette disposition suffit pour des pièces de faible poids; mais, pour les fers plats d'une certaine largeur, il est préférable d'adopter le train *figures 23* et *24*, le cylindre inférieur étant supporté de chaque côté.

Pour les fortes dimensions, le déplacement de la partie mobile D est obtenu par une pression hydraulique transmise *(fig. 11, pl. IX)* au moyen d'un levier double et de manchons coulissant sur l'arbre du cylindre.

Le déplacement vertical du cylindre supérieur dans les trains *figures 21, 22, 23* et *24, planche VIII*, est aussi obtenu par pression hydraulique.

Dans le train *figures 23* et *24*, l'arbre inférieur s'appuie sur un palier fixe de la cage N, tandis que le support dans la cage M s'applique sur la tige d'un piston hydraulique V, de manière

Digitized by Google

que pour la mise en place de l'anneau ébauché, il suffit d'abaisser le support, c'est à-dire de dégager le tourillon de droite en abaissant le piston hydraulique, que l'on relève ensuite pour donner l'appui nécessaire.

Dans le cylindre inférieur *figures 11* et *13*, *planche IX*, pour la mise en place ou l'enlèvement de la pièce, l'arbre de la partie D est déplacé longitudinalement par un piston hydraulique I pour prendre la position *figure 14*.

Les *figures 15* à *19* se rapportent à un trio. Le cylindre du milieu recevant des pressions sensiblement égales de chaque côté d'un même diamètre, il est pour ainsi dire équilibré; il n'est pas nécessaire d'éviter le porte-à-faux, même pour les gros échantillons. Les cylindres inférieur et supérieur sont mobiles pour la pression. Le trio développant la longueur dans les deux sens, on emploie *(fig. 15)* deux rouleaux guides. Les cylindres *(fig. 18)* à déplacement longitudinal peuvent être employés pour fers carrés.

Avec un duo, on lamine aisément un feuillard de 45/2 et de 50^{m} de longueur en une chaude. Pour de plus grandes longueurs, le trio est préférable, le débit étant doublé; ou bien on dispose deux trains en regard à une certaine distance et ils effectuent le laminage de la pièce en même temps.

Les *figures 20 et 21* montrent l'installation des trios T, par couple, les trains étant complétés par des finisseurs ordinaires en F.

Bandes laminées à froid.

Le laminage à froid des bandes minces ou même des barres plates dont l'épaisseur ne dépasse pas 25 ou 30^{mm} est adopté pour parachever des bandes qui exigent une grande uniformité d'épaisseur, qu'on ne saurait obtenir à chaud à cause des différences de température dans les diverses parties. A chaud, en bandes minces réduites à environ 1^{mm} d'épaisseur, celle-ci peut varier de un à deux dizièmes, avec de l'acier. A froid, les irrégularités s'apprécient en centièmes de millimètre. On conçoit que les laminoirs à bandes doivent être très précis pour permettre de

Digitized by Google

produire des variations d'épaisseur n'atteignant pas un centième de millimètre.

Depuis longtemps le laminage à froid a été appliqué aux bandes métalliques pour la fabrication des monnaies. Dégrossies à chaud, elles étaient achevées à froid pour faire disparaître les moindres inégalités.

Avec la température uniforme du milieu où on lamine, on évite les aléas d'une température élevée d'autant plus difficile à égaliser que les bandes sont plus minces et plus larges.

On adopte aussi le laminage à basse température pour des bandes dont le métal est plus ductile à froid qu'à chaud, ou lorsque le métal présente des points critiques de ductilité à diverses températures, comme le zinc, le laiton, le cuivre.

Les bandes sont recuites après deux ou trois passages, s'il y a lieu, si on ne recherche pas un certain écrouissage assurant plus de dureté et d'élasticité, mais aussi en réduisant la ductilité.

Ordinairement, pour les bandes d'acier dont l'épaisseur est supérieure à 1^{mm}, on lamine dans un duo, à chaud, des bandes primitives de 10^{mm} d'épaisseur et de 10^{m} de longueur que l'on réduit, par exemple, en 5 ou 6 passes à une épaisseur de 2^{mm}. Ces bandes accusent entre chaque extrémité des différences d'épaisseur d'environ 1/10 de millimètre que l'on rectifie à froid.

Pour les bandes d'épaisseur inférieure à 1^{mm}, on lamine à chaud jusqu'à environ 1^{mm}, sur une longueur de 100^{m}; puis on étire à froid pour obtenir des longueurs de 200, 300^{m} et plus. Les largeurs varient de 10^{mm} à 200^{mm}. On en fait des scies, des ressorts, etc.

Les laminoirs sont à cylindres lisses, de diamètres variant de $0^{m},080$ à $0^{m},400$; le nombre de tours par minute se tient entre 30 et 100. Les réductions d'épaisseur successives sont ordinairement pour l'acier de un dixième de millimètre. Pour les barres dont l'épaisseur ne dépasse pas 30^{mm}, les cylindres sont à cannelures, et chaque barre est entièrement terminée en une seule cannelure, où elle passe un certain nombre de fois, suivant

Digitized by Google

sa section, sa qualité, sa destination; les réductions varient de un à deux dixièmes de millimètre par passage.

Il faut constamment veiller à ce que les cylindres pour rubans soient bien réglés, sinon il se produit des ondulations sur les bords, le ruban *frise;* ou encore la bande se gondole au milieu, on dit qu'elle fait le *cri-cri.*

Ces défauts proviennent du débit inégal de sortie des différentes parties du ruban. Le lamineur y fait porter remède par le rôdeur de cylindres; dans le premier cas, en donnant un peu plus de convexité aux cylindres, quelques centièmes de millimètre suffisent; le rôdeur se guide à l'œil, par expérience et d'après l'aspect de la pièce. Il faut des rôdeurs de cylindres très exercés. Si la pièce gondole au milieu, on réduit la convexité généralement nécessaire pour tenir compte de la flèche des cylindres qui subissent des pressions très grandes lorsqu'on opère sur des épaisseurs inférieures à 1^{mm}, avec réduction de un à deux dixièmes suivant le métal.

Le laminage des bandes exige une grande dépense d'énergie (1); le travail des frottements des tourillons est de beaucoup supérieur au travail utile de laminage. Le graissage des tourillons est difficile à obtenir; il en est de même, d'ailleurs, dans la plupart des laminoirs; les tourillons des cylindres supportent des efforts tels que la pression par unité de surface d'appui est trop élevée pour que le lubrifiant s'y maintienne. Il s'ensuit que ces organes grippent, s'échauffent tout en étant fortement arrosés, fonctionnent dans de mauvaises conditions.

Il convient de soigner l'entretien de ces éléments, et l'on

(1) Par exemple, pour le laminage d'une bande d'acier de 100^{mm} de largeur, de huit dixièmes d'épaisseur, réduite de un dixième entre des cylindres de 160^{mm} de diamètre, tournant à trente tours par minute, on estime à 12^{chvx} la puissance nécessaire. La pression sur les cylindres peut être d'environ 20.000^{kg}, soit par millimètre carré de surface de contact avec la pièce supposée de largeur 3^{mm}, de longueur 100^{m}, une pression de $\frac{20.000}{3 \times 100} = 66^{kg}$, qui correspond assez aux pressions de déformations élémentaires en minces épaisseurs.

Digitized by Google

pourrait, dans bien des cas, adopter des paliers avec boîtes à galets cylindriques ou à billes d'acier trempé qui résistent, sans se déformer, à des pressions très élevées et réduisent le coefficient de roulement à une valeur de 0,001 à 0,003. La construction mécanique actuelle permet de réaliser ces perfectionnements dans de bonnes conditions de durée et de réduire ainsi à plus de moitié l'énergie dépensée par les laminoirs.

En vue de permettre l'emploi de cylindres de petit diamètre, de réduire par suite les pressions ou de permettre un étirage plus prononcé des bandes minces à chaque passage, tout en évitant la flexion des cylindres, ceux-ci, en acier fondu trempé, peuvent être soutenus par deux gros rouleaux en fonte ou en acier non trempé, en contact permanent avec les petits cylindres sur toute leur longueur (1).

Au lieu d'un seul rouleau s'appliquant sur chaque cylindre, ce qui rend plus difficile le maintien des axes dans un même plan vertical, il serait préférable d'employer deux rouleaux par cylindre en les disposant symétriquement. La tenue serait ainsi beaucoup mieux assurée et permettrait d'utiliser avantageusement cette disposition même pour les grandes largeurs et fortes épaisseurs, telles que celles des tôles ordinaires. La première disposition ne s'est pas maintenue, à notre connaissance, dans la pratique, si ce n'est dernièrement, en l'adoptant, ainsi que nous le verrons plus loin, pour les trios à tôles, le cylindre du milieu s'appuyant alternativement sur les cylindres supérieur et inférieur.

Les barres et bandes minces qui exigent une grande précision sont quelquefois achevées par un ou plusieurs passages à travers un mandrin d'étirage. Les bandes minces sont ensuite enroulées.

Signalons encore que les petits rubans d'acier d'environ 10^{mm} de largeur, trois à quatre dixièmes de millimètre d'épaisseur,

(1) Vers 1830, M. Saulnier (Châl. 1806) construisait un laminoir dit à rouleaux de pression basé sur ce principe.

Digitized by Google

sont obtenus en étirant un fil rond que l'on aplatit dans des cylindres par plusieurs passages avec recuits successifs. On lamine ainsi des longueurs dépassant 1000^{m}.

Bandes laminées à l'état liquide pâteux.

C'est pour la confection de bandes métalliques pour soudures que MM. Norton et Hodgson, à Chicago, appliquèrent le laminage en prenant le métal à l'état liquide, pour le faire passer entre deux cylindres à circulation d'eau intérieure *(fig. 1* et *2, pl. IX)* (1).

Les cylindres sont en acier demi-dur, leur vitesse est égale ou légèrement supérieure à celle du flux métallique, afin que le métal ne s'accumule pas dans le déversoir, qui présente un orifice dont la longueur est un peu plus petite que la largeur des bandes laminées, largeur qui peut varier à volonté jusqu'à la largeur des cylindres lamineurs, en modifiant la section du déversoir.

On obtient régulièrement des feuilles de soudure de 0^{m},15 à 0^{m},45 de largeur et de 0^{mm},4 d'épaisseur à raison de 120^{m} par minute. Ces feuilles, dont les bords en largeur sont un peu ondulés, à cause du débit plus grand vers les bords que dans le milieu, sont ébarbées à une machine à couteaux et mises en rouleaux.

En vue d'obtenir plus de régularité et une épaisseur uniforme, les bords des cylindres sont en contact *(fig. 3)*, et s'il y a excès de métal, il se loge dans les gorges que présentent les cylindres. Pour les métaux durs, les bandes, à la sortie du premier laminoir, passent successivement entre deux ou plusieurs autres à dispositions ordinaires placés à la suite pour obtenir le laminage d'une façon continue.

Barres obtenues par laminage inverse.

On obtient encore les fers plats par la transformation de chutes ou rebuts de rails, de fers profilés, de rails hors d'usage, etc.

(1) Brevet du 16 juillet 1889 à Norton et Hodgson.

Digitized by Google

Il y a deux procédés :

1° Les pièces sont découpées longitudinalement en deux ou plusieurs éléments de manière à n'avoir à transformer que des sections simples;

2° Les pièces sont laminées telles quelles en les ramenant à la section carrée ou rectangulaire par la méthode dite de *aminage inverse*.

Dans le premier cas, le découpage ou fendage s'opère avec un train dit fendeur *(fig. 4, pl. IX)* coupant les barres au rouge. Pour éviter l'échauffement et la détérioration rapide des disques cisailleurs, ils sont arrosés pendant le travail.

A cause de la dissymétrie des sections, les éléments tendent à se contourner, il faut les guider à la sortie. Découpés en billettes, celles-ci sont réchauffées et laminées facilement en barres, larges plats ou tôles minces.

Cette méthode convient particulièrement pour les rails en fer dont les éléments sont de qualités différentes.

La cisaille *figure 5* (1), à deux lames en couteaux sans croisement, est plus simple et la réparation des outils plus facile. Les couteaux sont aigus, l'opération se faisant à chaud. De plus, on peut découper des fers de toutes dimensions, attendu que l'opération se fait successivement sur chaque ligne de coupe et non plus simultanément suivant les divers plans de section comme dans le fendeur qui précède.

Le fer F introduit entre les lames L est guidé par un galet latéral G qui le pousse vers les outils afin de produire la coupe au milieu des raccords des angles et éviter des saillies prononcées sur les ailes découpées. Le galet peut se déplacer de manière à se rapprocher ou s'éloigner des lames suivant l'épaisseur de la partie sur laquelle il s'appuie. Un ressort R, par l'intermédiaire du levier AA', assure le contact du galet tout en permettant son écartement des lames lorsque les inégalités

(1) Modèle de MM. Breuer et Schumacker.

Digitized by Google

d'épaisseur sont assez fortes pour déterminer une poussée plus grande que celle due au ressort. Cette cisaille est actionnée par un moteur direct à vapeur. La coupe peut se faire par plusieurs passes, l'arbre de la lame supérieure étant mobile verticalement pour régler la profondeur de la coupe partielle.

La deuxième méthode (1) permet d'utiliser les bouts écrus de rails en acier fondu qu'on ne peut souder aisément en paquets.

On opère avec un laminoir bio inverse dont les cannelures ramènent progressivement la section du rail à la section voulue.

La détermination des cannelures se fait aisément par la méthode graphique de M. Valant, qui admet que les centres de gravité des sections successives restent sur une même droite passant par les centres de gravité des sections extrêmes connues de sorte qu'il suffit d'inscrire les sections intermédiaires dans le solide ayant pour bases ces deux sections extrêmes, et en adoptant des rapports de section donnant un étirage plus élevé au début qu'à la fin du laminage.

La *figure 6* montre le tracé pour un rail Vignole de $0^m,120$ de hauteur sur $0^m,015$ d'épaisseur d'âme à transformer en barre méplate de largeur supérieure à $0^m,120$ et d'épaisseur $0^m,012$, moindre que celle de l'âme du rail.

Les cylindres *figures 7* et *8* (2) ont leurs cannelures disposées de manière à maintenir latéralement les ailes, boudins, saillies, en les comprimant progressivement pour refouler le métal dans les parties centrales de faible épaisseur, tout en produisant l'étirage.

La pression verticale en chaque point de la pièce est, autant que possible, proportionnelle à l'épaisseur de la section en ce point.

---

(1) Due à M. Valant, 1865, pour l'utilisation des bouts écrus de rails Bessemer.

(2) Brevet de MM. Boigues, Rambourg et Cie, du 10 février 1868.

Digitized by Google

Ces barres peuvent être laminées en vue de les utiliser pour la fabrication des traverses qui, découpées, sont achevées, soit au laminoir, par passage en long sur des cylindres de forme, soit à l'étampe actionnée par une presse ou un pilon, pour leur donner les formes cintrées ou coudées.

Barres plates (laminage hélicoïdal).

Nous avons déjà signalé dans la première partie que les barres plates minces peuvent être obtenues par le laminage hélicoïdal donnant un tube que l'on fend, ou une bande enroulée en hélice que l'on ouvre à la sortie du laminoir et que l'on fait passer dans un laminoir finisseur.

Notons encore que les rubans de cuivre s'obtiennent aussi par l'électrolyse ; le dépôt se fait en hélice sur des mandrins appropriés. Pendant l'opération le mandrin tourne et un brunissoir agit sur le dépôt pour en assurer l'homogénéité.

Le ruban est déroulé, puis régularisé au banc à tirer.

Fabrication de la verge fendue.

Certains fers de petite section, carrée ou rectangulaire, tels que ceux appelés *verges*, sont obtenus par le découpage de larges plats au moyen de cisailles circulaires multiples, dont l'ensemble constitue une *fenderie*.

Ce procédé aurait été appliqué mécaniquement, en premier lieu, dans la Lorraine vers le milieu du XVIIe siècle *(Encyclopédie)*. Cependant, on attribue la construction du premier train fendeur à Godfrey Box, de Liège, qui l'aurait installé à Dartford en 1590 (1).

Au commencement du XVIIe siècle, des fenderies étaient montées en Suède et assuraient à ce pays une production prépondérante, par suite de la difficulté d'obtenir rapidement des petits échantillons par étirage au marteau ou par fendage à la tranche.

(1) Scrivenor, *History of the Iron Trade*, 1854, page 36.

Digitized by Google

Les fenderies furent ensuite adoptées en Angleterre et en Allemagne (1), puis en France.

La verge était livrée aux clouteries, aux tireries, aux tréfileries.

Les fenderies modernes sont le plus souvent placées à la suite des espatards du train pour barres. La *figure 9* montre la disposition adoptée (2). Les fers fendus se font encore en plusieurs qualités. A ce procédé, autrefois très employé, mais donnant des verges plus ou moins défectueuses, on préfère aujourd'hui la verge laminée obtenue plus rapidement et dans de meilleures conditions au laminoir continu en partant de billettes.

Dressage des barres.

Les grosses barres, en sortant du laminoir, sont parfois réchauffées, puis dressées et parées au marteau.

Le plus souvent, les barres, à la sortie de la dernière cannelure, sont jetées sur une aire en fonte à fleur de terre et dressées par retournement, par projection sur l'aire ou avec un gros maillet.

Si elles doivent être cintrées, on profite de la température élevée qu'elles possèdent en sortant du laminoir, pour faire cette opération.

Les barres sont ensuite coupées à longueur, à la cisaille ou à la scie circulaire; puis elles sont emmagasinées.

Barres polygonales.

Les barres à sections polygonales variables telles que le trapèze, l'hexagone, l'octogone, ou de forme composée dérivée (*fig. 1, pl. X*) s'obtiennent par un dégrossissage sous section carrée ou rectangulaire. Les barres sont ensuite achevées en quelques passages dans des cannelures finisseuses aux dimensions déterminées.

(1) *De Ferro*, par Swedenborg, 1734.

(2) Train de fenderie à lames d'acier, par M. Z. Maldant et Cie de Bordeaux. *Portefeuille des Machines*, 1862, novembre.

Digitized by Google

Il convient d'assurer la position des cylindres finisseurs contre tout déplacement longitudinal au moyen de cordons convenablement ajustés *(fig. 2.)*

Les cannelures polygonales se rejoignent ordinairement suivant une diagonale, de manière que toutes les faces se dégagent aisément.

Si le laminage est achevé à froid, afin de durcir le métal et de bien calibrer les barres, la réduction des dimensions ne porte que sur des dixièmes de millimètre.

Les laminoirs présentent des dispositions particulières assurant toute précision dans la position des cylindres lamineurs qui sont, comme le montre la *figure 3* (1), commandés d'une façon indirecte, ce qui est reconnu préférable à la liaison des cylindres deux à deux.

Barres rondes étampées.

Anciennement, les barres rondes se façonnaient à l'étampe, « au moyen d'un marteau à étamper, aussi uni que s'il eût été poli à la lime; on fabrique à ces martinets des fers ronds, parfaitement lisses, de toute grosseur, depuis cinq lignes de diamètre » (2).

« La rondelle ou verge ronde qui a 6 ou 7 lignes de diamètre : elle se forme sur une *enclume à entaille* dont la dimension a la capacité de la moitié de la circonférence de la rondelle qu'on se propose de fabriquer et l'autre moitié de cette circonférence est entaillée dans le marteau qui correspond exactement à celle de l'enclume...

» Les dessus de balcons, pour lesquels on se sert des mêmes enclumes, où la moulure de ces fers est entaillée.

» Dans certaines forges du Béarn, on faisait au martinet de la rondine ou verge ronde, depuis le diamètre de sept lignes jusqu'à celui de *deux lignes et demie* (3). »

(1) Brevet Nawrocki, 14 septembre 1880.
(2) *Forges de Belfort*, 1785, de Dietrich.
(3) Dietrich, tome Ier, page 385.

Digitized by Google

Ce n'est plus qu'exceptionnellement que des massiaux se forgent au rond par l'étampage et que des petits échantillons sont achevés en étampes; par exemple, lorsqu'on veut durcir fortement la couche extérieure du métal que l'on travaille à froid.

Les barres rondes s'obtiennent comme les autres par laminage, jusqu'au diamètre de 200^{mm} ou plus exceptionnellement.

Barres rondes laminées longitudinalement.

Le laminage longitudinal des barres rondes est analogue à celui des barres carrées, jusqu'à ce que le côté du carré devienne égal au diamètre de la section circulaire à obtenir. Puis, s'il s'agit de gros diamètres, la barre passe dans plusieurs cannelures peu ovalisées et finalement à plusieurs reprises (cinq à six fois) dans la cannelure finisseuse. Les cannelures finisseuses présentent la forme circulaire sur environ 3/5es à 4/6es du développement de chaque côté; ces parties sont raccordées avec les cordons par des arcs plus ouverts, de telle sorte que la cannelure est circulaire sur environ 120° de chaque côté *(fig. 4)*.

Lorsque le profil de la cannelure se rapproche trop du cercle et que le serrage a une certaine valeur, il se produit des coutures aux joints qui doivent être effacées dans la cannelure suivante, ce qui ne se produit pas complètement et donne lieu à de petites fissures longitudinales.

Si, au contraire, la cannelure est trop aplatie, on évite les coutures, mais il est difficile, sinon impossible, d'obtenir une barre bien cylindrique.

Les barres de petit diamètre sont achevées dans un dernier ovale préparateur dont la hauteur est de 0^{mm},5 à 2^{mm} plus petite que le diamètre à obtenir, la largeur étant le double de ce diamètre *(fig. 5)*.

Les barres dont le diamètre est inférieur à 20^{mm} doivent être guidées dans le passage de la dernière cannelure. Ce guidage

Digitized by Google

est indispensable lorsque le diamètre tend vers la limite de 4^{mm} à 5^{mm} et que l'on obtient le fil de fer dit *machine* ou *verge*.

La *figure 6* montre les cannelures d'un trio. La construction des laminoirs à fers ronds exige une attention spéciale. Souvent les laminoirs ne peuvent façonner de bons fers ronds.

Le laminage de petites sections rondes ou carrées se fait plus rapidement et avec un moindre personnel au moyen d'un laminoir universel continu tel que celui de Bansen *(fig. 7 à 11, pl. X)*.

Dans ce train, la barre à laminer est introduite par un ouvrier dans la première paire de cylindres A, d'où elle est conduite automatiquement aux autres cylindres $A^1A^2A^3$ dont les cannelures vont en décroissant. Entre deux paires consécutives de cylindres horizontaux sont disposés des guides et en avant de ces cylindres se trouvent des cylindres verticaux lisses $B^1B^2B^3$ qui conduisent la barre sûrement, en prévenant tout écart, et l'engagent dans d'autres guides placés immédiatement en avant des cylindres étireurs.

Les vitesses des couples de cylindres lamineurs sont proportionnelles aux réductions des sections.

On choisit pour les cannelures des dimensions telles que la section à la sortie d'une cannelure soit légèrement plus grande que celle que la cannelure suivante est capable de recevoir, de manière que, pendant le passage de la barre, il ne se produise pas de tensions anormales.

Le procédé de laminage du fer rond au moyen de ce train est le suivant :

On règle les cylindres A^1 à A^3, de manière que les cannelures correspondent aux dimensions voulues.

On règle ensuite les cylindres verticaux lisses B^1 à B^3, de façon que l'espace libre soit légèrement plus petit que le diamètre correspondant de la cannelure ronde qui suit.

On introduit dans la première cannelure A une barre ovale laminée pour correspondre à cette cannelure ; la barre sort de ces

Digitized by Google

cylindres A avec le profil *(fig. 1ᵃ)* et arrive à la paire suivante, en passant sur le pont P et entre les cylindres verticaux B^1. Ces derniers cylindres lui donnent une forme aplatie *(fig. 2ᵃ)*.

En quittant les cylindres B^1, la barre passe dans les étireurs A^1, qui réduisent son diamètre *(fig. 3ᵃ)*. Puis successivement la barre prend les sections IVᵃ à VIIᵃ et sort achevée d'entre les cylindres A^2.

On procède de la même manière pour du fer carré.

La barre ébauchée à section ovale prend successivement les sections Iᵇ, IIᵇ, IIIᵇ, VIIᵇ.

Le nombre de cylindres peut varier à volonté suivant les conditions du travail.

Signalons que la commande des cylindres verticaux est obtenue par l'intermédiaire de tambours coniques CC′ *(fig. 11)*, afin de pouvoir régler à volonté la vitesse de chaque paire de ces cylindres.

Barres rondes laminées à froid.

Les barres rondes laminées à froid proviennent de barres dégrossies à chaud et coupées à longueur de 5 à 12ᵐ ou plus. Le laminage à froid a pour but de finir les pièces au plus près pour se dispenser des opérations d'ajustage par enlèvement de matière; par exemple, pour éviter de tourner les barres d'arbres de transmissions.

Il s'applique aux barres de cuivre, de laiton pour resserrer le métal, le diamètre ne dépassant guère 40ᵐᵐ, tandis que pour les barres de fer et d'acier doux, le diamètre atteint 120ᵐᵐ et plus.

Le métal est décapé avant de subir le laminage, qui se fait dans des trains ordinaires dont les cylindres sont ajustés avec grande précision. Les cylindres sont en fonte trempée, à surface polie et cannelures d'une exactitude rigoureuse. La vitesse est de 0,50 à 0,80 par seconde.

Les barres passent plusieurs fois dans la même cannelure sous la même pression, en ayant soin à chaque fois de les

Digitized by Google

tourner d'un certain angle, de manière que toute la surface soit pressée dans les mêmes conditions. On arrive ainsi à les calibrer exactement, puis elles sont dressées à la presse ou à la machine à dresser par roulement.

Barres rondes roulées entre cylindres.

Le roulage hélicoïdal des barres rondes se fait facilement entre trois ou quatre cylindres pour les moyennes et grosses dimensions, et entre deux cylindres pour les petits diamètres.

La *figure 12* est un laminoir rouleur hélicoïdal dont les cylindres présentent du côté de l'entrée des parties coniques filetées de manière que la barre dégrossie, entraînée longitudinalement par le contact des filets, s'engage forcément sur les parties lisses où elle se régularise exactement (1).

La *figure 12* montre la disposition des deux cylindres pour petits diamètres. Ils sont munis de deux guides latéraux fixes qui maintiennent la verge métallique.

La *figure 13* est la disposition avec trois cylindres, et la *figure 14* est celle avec quatre cylindres.

On peut obtenir des barres parfaitement rondes et droites qui dispensent, pour les petits diamètres particulièrement, de les passer au mandrin filière dont le travail est onéreux.

Nous avons vu, dans la première partie de cette étude, que l'on pouvait aussi obtenir des barres rondes avec le laminoir à plateaux plans, à mouvement rectiligne, ou avec le laminoir hélicoïdal à disques ou à galets hyperboliques.

Finissage des fers ronds.

Pour obtenir des fers ronds très réguliers, on les finit au sortir du laminoir au moyen d'une rouleuse telle que celle *figure 15* et *16* (2), *planche X*.

---

(1) Laminoir Teillard. Brevet du 7 juillet 1864.

(2) Modèle de M. Chuwab, 1882.

Digitized by Google

Les deux cylindres, d'environ $0^m,45$ de diamètre sur $1^m,50$ de longueur, tournent dans le même sens. La barre est introduite latéralement; elle est maintenue entre les cylindres par une règle C qui détache les battitures. Le cylindre supérieur est seul mobile verticalement pour se régler suivant le diamètre de la barre et faire pression. Des grattoirs G enlèvent les battitures qui se fixent aux cylindres et ceux-ci sont constamment arrosés par des jets d'eau. Deux vis P limitent la distance à laquelle le cylindre supérieur peut descendre; elles assurent à ce moment le parallélisme rigoureux des outils.

Les cylindres tournent à 30 tours par minute; il suffit d'une fraction de cette durée pour dresser la longueur engagée. On relève le cylindre supérieur pour avancer la barre et recommencer une deuxième opération, puis une troisième, jusqu'à ce que toute la longueur de la barre ait été roulée.

Cette rouleuse à action intermittente est moins commode que les laminoirs ou rouleuses à disques rotatifs de Fairbairn ou de Robertson.

Barres tirées.

Le procédé d'étirage à la filière-mandrin est appliqué aux barres rondes en vue de les calibrer au plus près ou de les allonger et d'en réduire la section.

Ce procédé est employé depuis longtemps; les tireurs d'or étiraient des barres de plusieurs centimètres de diamètre, au moyen de l'*argue*, espèce de treuil *(fig. 17)* qu'ils manœuvraient à bras. La filière présentait une série de trous décroissants qui réduisaient la barre successivement au diamètre voulu.

Aujourd'hui, c'est au banc à tirer que l'on calibre, achève les barres de laiton, de cuivre, de fer, d'acier doux, par quelques passages à froid, à travers la filière.

On étire ainsi des barres dont le diamètre atteint 100^{mm} et plus. Il faut des bancs très puissants, comportant ordinairement deux chaînes de traction, soit deux filières-mandrins.

Digitized by Google

La réduction de diamètre à chaque passage est seulement de quelques dixièmes de millimètre (3 à 8). S'il fallait réduire de beaucoup le diamètre, ce travail deviendrait très onéreux.

Laminage du fer rond dit verge ou machine.

Le procédé de laminage ordinaire permet d'obtenir dans de bonnes conditions des diamètres dont la valeur minimum est de 4^{mm}.

Le laminage ordinaire à chaud doit être rapide pour éviter de réchauffer le métal. Les cylindres, dont le diamètre est de $0^{m},20$ à $0^{m},25$, tournent de 300 à 400 tours.

Une billette de fer carré de 30^{mm} de côté, $0^{m},60$ à $0^{m},80$ de longueur, est réduite en fil de 4 à 8^{mm} en moins d'une minute.

Les anciens trains comprenaient un trio dégrossisseur *(fig. 1, pl. XI)*, deux bios finisseurs placés en prolongement et actionnés directement. Une billette chauffée à blanc était dégrossie dans le trio et la verge était introduite dans l'une des cannelures *ovales* du premier bio et de là passait dans la cannelure *circulaire* du deuxième bio, d'où elle sortait encore rouge à un diamètre de 8 à 10^{mm}.

Cette verge était mise en botte longue, ou si le diamètre était plus petit, à la sortie de la dernière cannelure, un ouvrier rattrapeur saisissait l'extrémité et courait l'accrocher à une bobine à axe horizontal placée assez loin en avant du train et qui était actionnée par une manivelle à main pour produire une botte enroulée.

Procédé par doublage.

Dans des trains moins anciens encore employés, la barre est d'abord rapidement dégrossie au trio, puis passe dans des cages successives à deux cylindres *(fig. 2)*. La verge sort des cylindres ébaucheurs sous la forme carrée de 10 à 12^{mm} de côté à une température voisine du rouge blanc. Elle passe ensuite dans deux cages dites de doublage, c'est-à-dire qu'un ouvrier

Digitized by Google

l'introduit dans la première cannelure du cylindre de la première cage; elle est saisie à sa sortie par un deuxième ouvrier, qui l'engage aussi rapidement que possible dans la première cannelure de la seconde cage, d'où le premier ouvrier la reprend aussitôt pour la rengager dans la deuxième cannelure de la première cage, et ainsi de suite, la verge passant alternativement d'une cage à l'autre et successivement dans les trois ou quatre cannelures des cylindres de chacune des deux cages, de sorte que la verge se trouve engagée en même temps dans deux et trois et même quatre cannelures, suivant que le permettent sa longueur et l'habileté des ouvriers.

La verge étant engagée à la fois dans les deux cages, on a donné à ce procédé de laminage le nom de *doublage*, et c'est à la sortie de la sixième ou de la huitième cannelure que la verge est reprise par un troisième ouvrier et engagée dans la cannelure de la troisième cage; à la sortie de cette cannelure, le maître lamineur saisit la verge et la fait passer dans la cage finisseuse où une cannelure ronde donne au fil la forme cylindrique et son diamètre définitif.

La forme des cannelures est une succession alternative du carré à l'ovale et de l'ovale au carré *(fig. 3)* (1).

Les dimensions sont généralement laissées à l'appréciation des chefs lamineurs, la vérification en est faite par essais directs avec le métal à laminer.

A la sortie de chaque cannelure, la verge doit être saisie au passage très près de son extrémité et le plus rapidement possible rengagée dans la cannelure suivante pour éviter un trop grand développement du serpentage, c'est-à-dire pour éviter une trop grande longueur de verge qui sort de la cannelure précédente, traîne sur les plaques de fonte qui recouvrent le sol, ce qui la fait refroidir et l'expose à se nouer, à s'enchevêtrer ou à s'enrouler autour des cylindres.

---

(1) *Revue universelle des Mines*, tome XXXVIII, 1875.

Digitized by Google

Si l'on considère la rotation rapide des cylindres, 400 tours par minute, donnant une vitesse tangentielle de 4^m par seconde, on se fera facilement idée de l'extrême habileté que doivent avoir les ouvriers pour saisir à la tenaille la tige rouge, puis pour la transporter rapidement d'une cage à l'autre et l'introduire dans la cannelure suivante. Quelques secondes de perdues, c'est un retard suffisant pour que 20 à 30^m de verge s'étalent sur le sol, y formant des méandres dangereux, se refroidissant, devenant dur, donnant chances de ne pas réussir l'opération jusqu'au bout, de produire des déchets ou des défauts amoindrissant la valeur du fil.

Pour protéger les hommes, faciliter leur tâche, on dispose un guide démêleur tel que celui *figure 5*^{bis}. Il convient d'opérer d'autant plus rapidement que le fil est de diamètre plus petit et par suite de plus grande longueur.

La verge de $0^m,004$ à $0^m,0045$ s'obtient ordinairement en la faisant passer dans huit à dix cannelures du dégrossisseur et dans six à huit cannelures à serpenter et deux finisseuses.

L'étirage d'une billette dure environ 45 secondes, la longueur de la verge est d'environ 60^m.

En moyenne, il faut 110^{kg} de billettes pour obtenir 100^{kg} de verge de $0^m,0045$.

Lorsque la longueur de la verge est petite (30^m), on peut engager simultanément, à la suite, deux ou trois verges.

La cannelure finisseuse est pourvue d'un guide d'entrée, ordinairement constitué par deux coussinets en fonte dure ou en acier *(fig. 4)* (1), mobiles dans leur support.

La verge est aussi guidée dans les plus petites cannelures au moyen d'un guide en fonte à ouverture évasée tel que celui *figure 5*.

Pour de l'acier doux, un train de serpentage à trois cylindres et quatre équipages à deux cylindres chacun, train commandé

(1) *Revue universelle des Mines*, tome XXXVIII, 1875.

Digitized by Google

par une courroie, exige environ une puissance de 100chvx, les laminoirs tournant à 400 tours.

L'enroulement de la verge se fait sur un tambour en tôle, à rainure parallèle à l'axe dans laquelle s'accroche l'extrémité du fil.

Ou encore, le tambour est à baguettes multiples, possédant une vitesse en rapport avec celle de sortie de la verge. On accroche l'extrémité à l'une des baguettes sans arrêter l'appareil.

La verge est conduite, dirigée vers le tambour au moyen d'un guide également. La botte, encore rouge, est enlevée, puis on la laisse refroidir lentement en vase clos pour réduire l'oxydation.

Signalons la disposition suivante du bottelage : à la sortie du laminoir, la verge, ou fil métallique encore chaud, est enroulée automatiquement sur un tambour d'envidage tel que celui *figures 6*, *7* et *8*, *pl. XI* (1).

Le fil est guidé par un tuyau T qui le prend en sortant du laminoir et le dirige à l'intérieur d'une cuve en tôle C que la *figure 6* indique en position relevée ayant amené la botte à hauteur convenable pour la retirer. La *figure 7* montre la cuve abaissée, le fil s'enroulant autour des baguettes B, B′ du dévidoir R monté sur un arbre vertical recevant son mouvement de rotation par un arbre horizontal à manchon d'embrayage M et à frein d'arrêt F.

Le mouvement de monte et baisse, à volonté, de la cuve est obtenu par deux pistons à eau ou à vapeur P, P′.

Remarquons que le fil s'enroule entre deux séries de baguettes B, B′ limitant un espace annulaire, où il s'emmagasine.

Il convient d'installer deux renvidoirs de manière à pouvoir en décharger un pendant le remplissage de l'autre.

On a cherché, surtout pour la machine ou fil de diamètre

(1) Appareil de Daniels. Brevet 1887.

Digitized by Google

minimum ayant $3^{mm},4$ (n° 18), qu'il est possible d'obtenir avec un métal malléable et résistant tel que le fer fondu, l'acier doux, l'application de laminoirs à action très rapide, de telle sorte que le fil métallique arrive à la dernière cannelure encore assez chaud pour que l'étirage ne lui enlève rien de ses qualités.

Ces laminoirs sont dits continus et présentent diverses dispositions auxiliaires qui différencient les procédés.

Citons celui de Simon Lemut et Cie (1), comprenant une série de cylindres lamineurs dits en prolongement et disposés pour les fils de $3^{m},4$ obtenus en partant d'un carré de 12^{mm} réduit en dix à quinze passages, pour lesquels il faut fractionner le laminage en formant des groupes à volonté. Il convient d'isoler les cylindres finisseurs qui exigent un réglage très précis et surveillé. Les dégrossisseurs peuvent être groupés par trois à cinq paires de cylindres qui reçoivent le fer sortant des ébaucheurs.

Les *figures 9* et *10, planche XI*, représentent un ensemble de ces laminoirs. Ils comprennent un train-ébaucheur, puis le train continu recevant un carré d'environ 12^{mm} qu'il transforme en fil plus ou moins fin.

Entre les deux trains est disposé un four où entre le carré sortant des ébaucheurs. Le fil s'y réchauffe et il ne sort qu'à mesure qu'il est attiré par les premiers cylindres du train spécial.

Dans ce dernier train, les vitesses des cylindres sont à très peu près proportionnelles aux sections de leurs cannelures respectives, en sorte qu'une paire quelconque de cylindres débite, dans un temps donné, sensiblement le même volume de métal que chacune des autres paires dans un temps égal.

Les paires de cylindres présentent alternativement des cannelures carrées et ovales ou losanges.

Le carré est engagé dans une cannelure ovale; en sortant, un guide de forme hélicoïdale le tourne de 90° de façon à ramener son grand axe verticalement; il s'engage ainsi dans un guide

(1) Brevet, 10 décembre 1879.

Digitized by Google

qui l'introduit dans une cannelure carrée, d'où il sort pour rentrer dans une cannelure ovale. L'ovale est saisi à la tenaille par un ouvrier doubleur qui l'engage dans le carré de la cage suivante. Cette seconde cage contient en outre une paire de cylindres à cannelure ovale où la verge passe automatiquement; puis elle est de nouveau doublée à la main dans le carré de la troisième cage, et ainsi de suite jusqu'aux finisseurs.

Le premier doubleur surveille les trois paires de cylindres de la première cage. Les autres doubleurs s'occupent de deux paires. Chaque ouvrier, en ne doublant qu'une seule fois, n'est pas exposé aux mêmes dangers que dans les trains ordinaires, et il n'est pas tenu d'être aussi habile que dans ces derniers. A fabrication égale, il faut moins de personnel et les démêleurs notamment sont supprimés.

Une fois les guides convenablement placés en face des cannelures, la surveillance consiste à régler le levage des cylindres, de façon que l'une des paires de cylindres fournisse à la suivante la quantité de métal qui correspond à son débit. Si l'ovale qui se présente dans une cannelure est trop fort, il se forme une boucle entre les deux cylindres, le carré ne débitant pas autant de métal que l'ovale lui en fournit. Au contraire, s'il est trop faible, il y aura une traction favorable à l'étirage, il est vrai, mais si la traction devenait trop forte, il pourrait y avoir rupture.

L'ouvrier doit remédier immédiatement à ces diverses irrégularités qui se produisent quand la température du métal ou sa dureté vient à varier accidentellement d'une barre à l'autre. Les inégalités d'allongement servent d'indications pour le réglage du train.

Les diamètres de chaque paire de cylindres pour carrés sont plus petits que ceux de la paire d'ovale dans un rapport qui varie entre 5/6 et 7/8 (le rapport est d'autant plus grand que le métal est d'une section plus faible).

A chaque cage correspond un arbre inférieur de commande,

Digitized by Google

et tous ces arbres inférieurs sont reliés les uns aux autres par des engrenages.

Pour des fils fins de grande longueur, on peut fractionner le train en deux et placer un four intermédiaire. Par exemple, on fait passer dans le four le carré de 5 à 6^{mm} animé d'une vitesse de 2 à 3^{m} par seconde; il se réchauffe avant de rentrer dans la cannelure suivante, laquelle n'a que 1^{m} à $1^{m},50$ de vitesse.

Le métal arrive ainsi suffisamment chaud jusqu'au dernier passage, qui pourra être rond et avoir un diamètre de 3^{mm} et même moins, obtenu avec des cylindres relativement petits, car plus est faible la section du fil, plus doit être petit le diamètre des cylindres qui le laminent, afin de produire un allongement plus rapide. Ce diamètre peut descendre à $0^{m},12$ et même au-dessous.

Quelquefois, les cylindres des cages doubles sont à des hauteurs différentes, afin que les guides présentent une pente suffisante pour évacuer rapidement l'eau qui y circule et qui sert au refroidissement des cylindres.

Quand les guides sont peu inclinés, l'eau d'arrosage y séjourne, refroidit le métal et s'oppose au laminage de faible section.

Une autre disposition est celle *figures 11*, *12* et *13*, *planche XI* (1), comprenant également plusieurs trains combinés munis de guides automatiques.

Le fil suit les directions indiquées par les lignes; il se conduit entre les cages parallèles, dans des entonnoirs le tournant de 90 degrés.

L'ensemble se compose de deux trains combinés comprenant sept cages.

Les cylindres reçoivent une vitesse de rotation progressivement croissante.

Les positions des ouvriers sont indiquées dans le dessin en 1, 2, 3, 4.

---

(1) Brevet Boecker (5 mars 1880).

Digitized by Google

Lorsque l'on veut fabriquer du gros fil, on arrête les dernières cages du train.

Ainsi, pour laminer du fil de 5^{mm}, il ne faut que cinq cages et trois ouvriers qui chargent cinq fois, tandis qu'avec des laminoirs ordinaires, on doit charger huit fois et employer six ouvriers.

Pour empêcher que l'eau refroidissant les cylindres et leurs tourillons coule dans la cannelure où passe le fil, un moyen simple consiste à pratiquer des cannelures supplémentaires en V, de chaque côté, qui peuvent d'ailleurs être utilisées pour le laminage, au besoin.

Train mixte.

Le train est quelquefois continu et serpenteur, c'est-à-dire mixte comme dans la disposition *figures 14, 15, 16* et *17* (1).

Il comprend trois cages à cylindres parallèles dont une est à trio, et deux cages à cylindres en prolongement sur la même direction que le trio.

La verge entre par le bio 1, passe dans 2 et 3, retourne par 3 vers 1 où se produit le doublage, repasse dans 2 et 3, serpente pour passer dans 4, serpente de nouveau pour pénétrer dans le finisseur 5.

Laminage de blooms en verges.

« Le train américain de Garrett *(fig. 1 à 5, pl. XII)* (2), est disposé pour laminer, non pas des billettes, mais des blooms d'acier d'une longueur de $0^{m},600$ environ et d'une section carrée de 100/100, qu'on transforme directement en rouleaux de verge de plusieurs centaines de pieds. Il supprime un réchauffage et les pertes de temps, dépenses, déchets par oxydation et écaillage qu'il implique. La réalisation de cette idée

(1) Dessin de la *Revue universelle des Mines*, tome XXIX (1871).

(2) Installé en 1882 à Cleveland. (Extrait de l'étude de M. Freson sur la fabrication de la verge aux États-Unis. *Revue universelle des Mines*, tome XVII, 1885, 1er semestre.)

Digitized by Google

réclame certaines dispositions spéciales; en effet, le passage d'une cage à la suivante doit être très prompt, pour que la température du métal n'atteigne pas la limite à laquelle deviennent impossibles le laminage à mince section et l'enroulement sur tambour. La vitesse du travail est grande : deux ou trois blooms passent par minute, et 90 à 100 secondes suffisent à la réduction complète de chacun d'eux.

» Le train Garrett, compris dans son acception la plus large, s'applique à la transformation du lingot en verge : sa disposition générale est représentée *figure 1* et les détails sont dessinés à plus grande échelle dans les autres figures.

» Les chaudières GG occupent un coin de la halle; à côté sont les fours à lingots HH et le train blooming *h* avec son moteur *g* et les engrenages *a*; plus loin la cisaille A. Le bloom, réduit à la section et à la longueur voulues, est réchauffé dans des fours AA avant de subir le travail subséquent. Il passe d'abord à un train à billettes B mû par la même machine que le blooming; la cage à pignons *n* et les trois cages à cannelures ogivales n^1, n^2, n^3 sont représentées en élévation *(fig. 2)*.

» Pour laminer de l'acier, les derniers cylindres n^3 entre lesquels la billette ne subit ordinairement qu'un passage peuvent être plats ou unis; pour laminer du fer, au contraire, il faudrait les canneler.

» Le bloom est ainsi réduit en une barre à section rectangulaire ou ovale de $25^{mm} \times 12^{mm}$. Elle passe ensuite à un train intermédiaire D, représenté en élévation *(fig. 3)*, où il reçoit une section ronde, ovale ou carrée, égale à un carré de 12^{mm} à 18^{mm} de côté. Enfin elle est achevée au serpenteur.

» La paire unique de cylindres *m* qui compose le train intermédiaire est située entre la dernière cage du train à billettes et la première du train serpenteur, et sur une même ligne d'alimentation. La billette *g* est amenée par un tube-guide *b*; il y a de même un tube-guide *b'* pour la première cage s_1 du train serpenteur.

Digitized by Google

» Ce train est composé de deux parties C et C′ *(fig. 4* et *5)* et comprend huit paires de cylindres s_1 à s_8 dont celles du train C sont commandées par les pignons *s* et celles de C′ par les pignons *x*; ces trains, ainsi que le train D, sont attelés aux machines *r* et *r′*.

» Bien entendu, les distances entre les trains B, D et C sont suffisantes pour que la barre puisse être passée aux cylindres dans les deux sens. Le tube guide *b* doit être un peu plus long que la barre, de manière que les ouvriers puissent l'y tordre d'un quart de tour et la présenter de champ au train intermédiaire.

» En quittant la dernière paire s^8 train C′, le fil parcourt un guide b^2 qui le dirige vers les deux bobines RR sur lesquelles il sera enroulé. Il suffit d'un ouvrier pour manœuvrer les griffes d'embrayage de ces bobines; il saisit au moyen d'une pince le bout du fil, l'accroche à l'une d'elles, et tandis que cette bobine enroule, l'autre est dégagée et se trouve prête à recevoir la pièce suivante. Ainsi les bobines tournent alternativement, et la verge est enroulée et enlevée au fur et à mesure de sa production.

» Dans la combinaison Garrett, le nombre de cages et le tracé des cannelures varient suivant le produit à obtenir. »

Train continu à direction rectiligne.

Les trains continus à direction rectiligne comprennent une série de cylindres horizontaux et de cylindres verticaux disposés en file, de manière que le fil métallique se meuve constamment en ligne droite. L'un des premiers ayant fonctionné est celui de Bedson *(fig. 6, 7* et *8, pl. XII* (1).

La verge ébauchée sort d'un long four établi au plus près du train; elle passe entre deux paires de cylindres horizontaux à

(1) On cite en France le brevet de Lévy (1854) pour une disposition en file. Le brevet de Bedson, en Angleterre, date de 1862. Le train cité est celui signalé par la *Revue universelle des Mines*, tome XXIX, 1871, 1re série.

Digitized by Google

axes parallèles rapprochés très près. Un guide la dirige ensuite entre deux cylindres verticaux, puis entre deux cylindres horizontaux, et ainsi de suite jusqu'au bout du train qui peut comprendre un nombre de paires de cylindres variables suivant les nécessités du travail.

Les cylindres verticaux ont des cannelures ovales, ceux horizontaux ont des cannelures carrées. Le guide fait tourner le fil de 90° pour le présenter convenablement à chaque cannelure.

Une cage finisseuse est placée à l'extrémité du train, sur le côté; l'engagement se fait à la main, le fil ayant une faible dimension et le changement de direction étant prononcé.

A sa sortie des finisseurs, le fil s'engage dans un tube qui lui fait prendre la direction de la bobine de bottelage.

Les vitesses des cylindres sont calculées de manière à obtenir un volume de débit constant ou légèrement inférieur, pour ne pas déterminer de traction, qui prendrait une valeur voisine de celle de la rupture, dès la plus petite différence, car les cylindres étant très rapprochés, l'allongement de traction ne se produirait que sur une petite longueur de fil.

La surveillance du train pour le réglage des cylindres ne nécessite ordinairement qu'un seul ouvrier.

Ce train marche bien avec un métal ductile et malléable tel que l'acier doux et lorsqu'il ne comporte pas un grand nombre de cylindres (10 à 16 paires), ni un étirage ou réduction de section trop prononcée et un métal résistant malléable tel que l'acier doux. On peut y passer des billettes carrées de 30^{mm}, longues de 6 à 7^{m}, pesant 40 à 45^{kg}, soit des longueurs de fils de 300^{m} pour un diamètre de 5^{mm}.

Les billettes passent l'une à la suite de l'autre, en se suivant de près. La production atteint 30 à 35^{t} de fil de 5^{mm} en dix heures.

Dans une disposition perfectionnée *(fig. 9* et *10)* (1878), tous les axes des cylindres sont horizontaux, ce qui permet de faire passer deux ou plusieurs billettes à la fois côte à côte. Les

Digitized by Google

paires de cylindre présentent alternativement une cannelure de section ovale et de section rhombique. La dernière paire porte la cannelure finisseuse correspondant à la section du fil.

Les guides se déplacent à volonté pour utiliser telle cannelure que l'on veut.

On adopte aussi le déplacement de la cage sur un bâti à rainures de manière à combiner à volonté les cannelures entre elles.

Les guides présentent intérieurement *(fig. 11)* un conduit en hélice faisant tourner le fil de 90°. En vue d'éviter la formation des bavures, laquelle constitue un écueil dans les trains continus, on soumet la pièce laminée à l'action de paires de cylindres supplémentaires, corrigeant les distorsions et refoulant les bavures.

Les dessins *figure 12* (1) représentent la disposition des cylindres réducteurs ordinaires, désignés par R, et des cylindres auxiliaires désignés par A; les sections successives de la verge marquées C ou E, suivant qu'elles appartiennent à la partie centrale ou à l'extrémité de la billette; enfin les sections correspondantes de la verge dans un train non muni de cylindres A. La série n° 1 s'applique aux quatre dernières cages d'un train ordinaire; les séries n°s 2 et 3 montrent le nouvel arrangement de cages et les profils résultant pour un train à cylindres parallèles et pour un train à cylindres alternativement horizontaux et verticaux. Les cylindres sont figurés à petite échelle, les sections à double grandeur; les cages sont numérotées suivant leur rang.

Les cylindres auxiliaires A sont de préférence intercalés vers la fin du train; ils portent une cannelure C d'une dimension telle que la section de la verge ne soit pas réduite; leur vitesse est égale à celle des cylindres R qui les précèdent immédiatement, ou la dépasse de peu, de manière à éviter toute courbure du fil entre les cages; ce léger accroissement

(1) Freson.

Digitized by Google

de vitesse est obtenu en augmentant le diamètre des cylindres A.

Grâce à la combinaison des cylindres A et des cylindres R, les bavures *e* sont refoulées aussitôt qu'elles se forment, et les bouts des rouleaux de verge sont de section ronde aussi bien que le milieu.

Train continu de Comer (1880).

Les Américains ont adopté des trains continus présentant des dispositions permettant une grande rapidité de fabrication.

Signalons le train à vitesses proportionnelles progressives de Comer dont les points caractéristiques sont (1) :

« 1° Le train se compose de paires successives de rouleaux placées horizontalement et bout à bout ;

» 2° Elles sont mises en mouvement par des engrenages qui donnent à certaines paires une vitesse circonférentielle plus grande qu'à la précédente, sans augmentation des diamètres des rouleaux ;

» 3° Certains rouleaux ont un diamètre plus grand que les autres, de sorte que l'accroissement de vitesse par rapport à la paire précédente y est obtenu sans variation d'engrenages ;

» 4° Les paires successives sont réunies par des guides qui font subir au fil une torsion d'un certain angle, et qui le conduisent, d'une paire de rouleaux à la paire suivante, située à un niveau différent.

La *figure 2*, *planche XIII*, représente en plan quatre paires de rouleaux contenues dans deux cages, avec leurs guides, leurs pignons et les engrenages de la série suivante de quatre paires. La *figure 1* est une élévation montrant l'arbre de couche et les engrenages. La *figure 3*, une section transversale suivant XY.

Nous n'avons pas représenté sur la planche les deux séries de huit cylindres nécessaires pour laminer la verge ; ce qui y est figuré suffit à montrer les deux manières d'accroître la

(1) Extrait de l'étude de M. Jules-G. Freson sur la fabrication de la verge aux Etats-Unis. (*Revue universelle des Mines*, tome XVII, 1885, 1er semestre).

Digitized by Google

vitesse des rouleaux de façon qu'elle soit proportionnelle à la longueur du fil.

La billette venant du four passe successivement par les paires nos 1, 2, 3 et 4.

ABC sont les guides qui portent le métal d'une paire à l'autre; DD sont les lunettes placées à l'extrémité de chaque guide; EFGHH'H''H''' sont les pignons qui transmettent le mouvement; J et J' les roues d'engrenage de l'arbre moteur K; LL'L''L''' les arbres, et MM les manchons d'accouplement; NN les montants des cages; O les vis qui limitent la levée des coussinets; P les vis qui fixent la position des rouleaux latéralement. Les fentes R des guides permettent l'évacuation des écailles et barbes du fil. Les vis S servent à fixer les guides dans la position qu'ils doivent occuper; T est le bâti; W sont les supports pour les guides.

Les paires nos 9 à 12 ont la même vitesse que les nos 1 à 4. La vitesse s'accroît de 9 à 16 de la même manière que de 1 à 8.

La raison de la progression peut être réglée à volonté; pour la convenance de la description, nous l'avons fixée à un quart et l'avons supposée constante. Il est clair qu'elle doit correspondre aux allongements successifs du fil. Elle dépendra de la vitesse de la première paire, car la vitesse qui résultera pour la dernière ne devra pas dépasser les limites pratiques.

Les guides ABC conduisent le métal du no 1 au no 8; de 8 à 9, il n'y a pas de guide, à cause du ralentissement du laminage: le fil sortant du no 8 plus vite qu'il n'est repris par le no 9, s'accumule en ce point. Naturellement les guides reprennent le fil du no 9 jusqu'au no 16. Il passe ensuite au finisseur, où il est introduit par un ouvrier à l'aide d'une lunette.

L'objet de ce système de laminage est de donner à la billette autant de passages qu'il est possible pendant que le fer est à la chaleur soudante; pour obtenir cet effet, il faut imprimer une grande vitesse aux sept ou huit premiers passages. Il faut alors une interruption, car si la vitesse était régulièrement augmentée

Digitized by Google

du n° 1 au n° 16, comme dans les trains ordinaires, on arriverait à une rapidité impraticable.

Pour le laminage de la verge à grande longueur, le train se compose de huit cages contenant chacune deux paires de rouleaux et d'une paire de rouleaux finisseurs. La force motrice est appliquée à l'arbre K qui porte quatre pignons tels que J, mettant en mouvement quatre paires de cylindres et disposés comme il est indiqué *figure 1*, sauf que le pignon I' n'est pas dans sa véritable position.

Le pignon E est plus grand d'un quart en circonférence que F, de sorte que le mouvement communiqué aux rouleaux n° 2 est d'un quart plus rapide que celui des rouleaux n° 1, qui sont de même diamètre. Les rouleaux n° 3 sont plus gros de moitié que les rouleaux n° 1; leur vitesse circonférentielle est donc de moitié plus grande que celle du n° 1 et d'un quart plus grande que celle du n° 2. Le diamètre du n° 4 est le même que celui du n° 3, et comme cette paire est mue par le pignon F, sa vitesse est d'un quart plus rapide. La vitesse augmente donc progressivement du n° 1 au n° 4.

La seconde série de quatre paires est analogue à la première, mais la vitesse générale est augmentée par le pignon J', double environ du pignon J. Ainsi le n° 5 a une vitesse d'un quart plus grande que le n° 4; et il en est de même jusqu'au n° 8, point où l'accroissement régulier de vitesse est interrompu.

Ce système permet de laminer le fer à des dimensions beaucoup plus faibles qu'aux trains où il ne subit que trois ou quatre passages à la chaleur soudante. On lamine avec la plus grande facilité au n° 9, et on peut réduire au n° 12 des billettes qu'il est impossible, avec d'autres appareils, de pousser au delà du n° 6. Quant au tracé des cannelures, la paire du n° 1 donne au métal un profil ovale, la paire du n° 2 un profil carré, et ainsi de suite pour toute la série. Cette combinaison est préférée parce qu'elle réduit la section de la barre plus rapidement qu'aucune autre. Les guides changent à chaque passage la position du fil : la sec-

Digitized by Google

tion ovale est présentée de champ aux cannelures carrées, et la section carrée est présentée d'équerre aux cannelures ovales. Les cannelures carrées sont profilées en V dans les cylindres. Pour tirer, des mêmes billettes, des fers marchands ou des verges de plus grande section, on peut placer la cage finisseuse après une cage quelconque du train. Si, par exemple, le n° 4 est le carré de la section voulue, on placera une paire de rouleaux finisseurs au n° 6, en donnant une section ovale à la cage n° 5 et le profil voulu au n° 6. Dans ce cas, la vitesse peut croître d'une manière continue du n° 1 au n° 9 ou 10.

Pour achever la description des détails du train, nous ferons observer que les cannelures supplémentaires V des cylindres empêchent l'eau d'arrosement des coussinets de couler sur les cylindres et d'entrer dans les guides. En construisant les supports W des guides avec des ouvertures correspondant à chacune d'elles, ces cannelures V peuvent être employées au laminage en remplacement des cannelures du milieu, usées ou devenues raboteuses.

Les cages doubles de Comer présentent certains avantages : économie d'espace et de frais d'établissement; suppression d'engrenages sur l'arbre moteur; en outre, les cylindres étant à différents niveaux, les guides présentent une pente assez raide et évacuent immédiatement l'eau qui y circule après avoir servi au refroidissement des cylindres. Quand les guides sont horizontaux ou peu inclinés, cette eau y séjourne un certain temps et refroidit le métal; elle nuit à sa qualité et empêche le laminage à faible section. Néanmoins, à Johnstown, on n'a pas trouvé que la complication des cages fût justifiée par des avantages suffisants. On a aligné une série de cages à deux cylindres formant autant de trains qu'il y a de fois deux cages; chacun reçoit son mouvement de l'arbre K par l'intermédiaire de pignons et comprend deux cages dont la seconde a un entre-axe plus grand que la première.

Afin d'étirer rapidement sur sections ovales à chaque pas-

Digitized by Google

sage entre cylindres successifs, ceux-ci ont été construits comme *figures 4,5* et *6, planche XIII* (1). Le cylindre supérieur C de la première paire de cylindres est d'une forme générale concave, tandis que le rouleau inférieur est convexe. Les profils sont étagés de manière à bien s'emboîter sur parties coniques assurant une tenue parfaite.

Les cylindres présentent deux cannelures à direction oblique symétrique inclinée à 45° sur le grand axe de l'ovale.

Les rouleaux de la paire suivante sont analogues, mais ils sont de sens inverse, le rouleau concave étant au-dessous, le convexe au-dessus; par conséquent, l'inclinaison du grand axe de chaque cannelure est renversée, et les dimensions des cannelures sont réduites pour opérer l'étirage. La troisième paire est semblable à la première, et ainsi de suite, alternativement.

Il s'ensuit qu'une verge passant à travers les diverses cannelures successives est toujours transformée en section, par une pression sur le grand axe de l'ovale.

Des guides G *(fig. 7* et *8)* dirigent la marche du fil entre les cylindres.

Chaque guide, au bout de réception, est près du rouleau inférieur; il est taillé en biseau vers un bord et repose sur le rouleau inférieur de la paire dont il reçoit le fil.

Le bout de livraison aux rouleaux suivants est placé aussi près que possible de ceux-ci.

Le fil est toujours dirigé directement sans torsion. Le guide entre la première et la seconde paire de cylindres a la section *figure 8*, tandis que celui placé entre la deuxième et la troisième paire a la section *figure 7*, et ainsi de suite alternativement. Les guides sont montés sur des traverses présentant des passages droits d'une dimension suffisante pour permettre au fil de passer librement. Les cylindres sont commandés par des engrenages

(1) Brevet Rees-Jenkins, du 21 mai 1878.

Digitized by Google

à vitesses progressives correspondant aux longueurs d'étirage entre chaque paire.

Le fil ayant passé à travers le continu est dirigé vers des cylindres finisseurs F de construction ordinaire.

La Compagnie des forges de Champagne et du canal de Saint-Dizier a constitué un laminoir continu *(fig. 9 à 18, pl. XIII)* (1) en disposant sur une couronne A formant bâti une série de paires de cylindres *a* dont les axes sont alternativement dirigés, soit suivant des parallèles aux rayons de ladite couronne, soit suivant des parallèles aux génératrices.

Ces cylindres *a* portent des cannelures carrées et losanges *(fig. 14a)*, dont la décroissance est réglée depuis l'entrée en E jusqu'à la sortie en S.

Les centres de figure des cannelures, aux points de contact des cylindres accouplés deux à deux, sont sur une même circonférence. Tous les cylindres sont de même diamètre à vitesses de rotation variables par engrenages.

Les engrenages de commande sont tous fixés sur un seul arbre B normal au plan de la couronne et passant à son centre. Les pignons des cylindres sont droits pour les cylindres horizontaux, et coniques pour ceux dirigés suivant des rayons. Pour éviter des roues de fort diamètre, les premières paires de cylindres sont commandées par des roues intermédiaires *(fig. 10* et *12)*.

Des guides *g (fig. 14)* assurent la direction de la verge métallique dans les passages d'une paire de cylindres à la suivante. Ces guides sont maintenus dans des porte-guides en deux pièces qui, à l'aide de ressorts, permettent aux guides de s'écarter, s'il arrivait un accident pendant le laminage.

Dans le laminage des petits ronds, le guidage d'une paire de cylindres à la suivante, le réglage parfait des cylindres étant choses délicates, pour les deux derniers passages (ovale et rond),

(1) Brevet du 19 décembre 1889.

Digitized by Google

il convient de limiter l'usage du laminoir continu à l'obtention du carré corespondant au rond que l'on veut obtenir.

Dans ces conditions, les cylindres finisseurs sont isolés et disposés à côté du laminoir continu, à la façon ordinaire.

En sortant du finisseur, la verge est enroulée à chaud sur une bobine à baguettes *(fig. 17* et *18)*, dont l'arbre D est actionné par un galet G en contact avec le plateau P monté sur un arbre vertical N, relié par engrenages avec l'arbre horizontal de commande. La vitesse de la bobine est variable par le déplacement de G sur P obtenu par la roue M' déplaçant le manchon M, solidaire de G. Des dispositions particulières assurent le bon fonctionnement de la bobine et son arrêt, s'il est nécessaire, automatiquement.

Laminage à froid.

Afin d'éviter le travail onéreux du tréfilage, on a essayé de continuer le laminage du fil à froid, en le faisant passer dans des cannelures hexagonales ou ovales pour le dégrossissage *(fig. 19)*, les cannelures finisseuses ayant des sections qui correspondent à celles des fils. Il faut employer des cylindres de petit diamètre très résistants.

Le laminage à froid de fils fins s'applique pour des fils spéciaux dont le métal doit être fortement écroui, durci et tenace, sans donner d'allongement à la rupture par traction. Il convient, par exemple, pour les fils triangulaires, carrés, ronds, ovales, employés dans les cardes, les peignes de filature.

Les dispositions des laminoirs n'offrent rien de particulier à signaler. Le fil passe entre plusieurs paires de cylindres dégrossisseurs et entre une ou deux paires de finisseurs. Lorsque l'étirage est prononcé, il faut recuire une ou deux fois le métal mis en bottes et le décaper.

Dans cette fabrication, le calibrage du fil est difficile; il convient de l'achever par un passage à la filière.

Digitized by Google

Laminage de plusieurs fils simultanément.

Une barre étant successivement laminée à section rectangulaire, puis cannelée et découpée ou déchirée en fils, tel est le procédé auquel se rapportent les *figures 20* à *25* (1), *planche XIII.*

On peut, dans un nombre de passes très restreint, obtenir des fils fins même avec des métaux difficiles à étirer. La barre est laminée en cannelures *(fig. 22)* qui ébauchent la forme des fils et en préparent la séparation dans les cannelures finisseuses formant lames de cisailles.

En opérant sur de grandes longueurs, la bande de métal est chauffée en serpentant dans deux fours proches du train *(fig. 21)*. La bande circule dans chaque four et prend, suivant sa longueur, les diverses positions indiquées en pointillé.

A la suite du dernier laminoir est établi un tourniquet G, destiné à enrouler les fils à leur sortie des cylindres; puis ces fils se déroulent de G pour s'enrouler sur un tourniquet H, de plus grande longueur, qui les enroule à certaine distance les uns des autres.

Un régulateur régularise la différence de développement

Ce régulateur comprend *(fig. 23)* un levier L sur lequel agit un contrepoids P tendant constamment à relever les fils, à les maintenir de manière qu'ils ne puissent s'enchevêtrer.

Avec ce procédé, il suffit de quatre passages à partir du cylindre ébaucheur E pour transformer une barre carrée de 14^{mm} en six ou huit fils ronds de 3^{mm} de diamètre; tandis que, dans des trains ordinaires, il faut souvent plus de douze à quatorze passages pour obtenir un seul fil.

Au lieu de faire passer la bande dans une cannelure fendeuse, on peut détacher les fils par une simple traction latérale opérée par deux tambours d'enroulement *(fig. 24* et *25)*.

(1) Brevet de M. Roy, 7 avril 1880.

Digitized by Google

On conçoit que la bande affectant la forme *figures 22* et *25*, si on attache sur l'un des tambours les fils de rang impair et sur l'autre les fils de rang pair, la rotation des tambours en sens inverse déchirera la faible épaisseur du métal qui relie les fils entre eux. Les fils ainsi obtenus sont ensuite tréfilés, ou sont livrés à la clouterie et à la pointerie. Les fils de section carrée ou triangulaire peuvent être obtenus de même.

La verge dite *machine* est employée à l'état laminé pour la confection des ligatures des balles de matières telles que la paille, le foin, la laine, le coton, pour l'établissement de clôtures à grand développement.

La clouterie et la pointerie en font une grande consommation également sous section circulaire, carrée ou rectangulaire.

Quelques autres industries en font aussi usage, mais la plus grande partie de la production est transformée en fil tréfilé dont les applications sont si nombreuses et dont il suffit de signaler les fils électriques, les fils à cardes, à brosses, ceux pour ressorts, pour épingles, aiguilles, vis, pointes pour cordes de pianos; les fils de quincaillerie, ceux pour treillis de clôture, pour toiles tissées, pour cordes, câbles de transmissions, de ponts, de gréement des navires.

Une certaine quantité de ces fils est fabriquée en laiton pour usages divers, en cuivre pour la télégraphie, pour les circuits électriques et autres applications.

La plus grande production est relative aux fils de fer soudé et surtout, depuis quelques années, à ceux en fer fondu et en acier doux ou en acier résistant (1).

Fils tirés ou tréfilés.

Le laminage permet d'obtenir des fils plus ou moins bien calibrés, qu'il y a lieu de régulariser par quelques passages à la

(1) Les tréfileries produisent aujourd'hui cinquante fois plus qu'il y a vingt ans. Certaines tréfileries produisent les fils métalliques par dizaines de mille tonnes.

Digitized by Google

filière-mandrin, ce qui donne des fils clairs dont le diamètre n'est guère supérieur à 10mm.

D'autre part, les diamètres inférieurs à 3mm et 4mm ne peuvent être obtenus que par l'étirage de diamètres supérieurs, étirage qui se fait aussi à la filière par un nombre de passages d'autant plus grand que le fil est plus fin.

C'est cette opération qui constitue le procédé de tirage ou de tréfilage, le plus employé parmi ceux appliqués à la fabrication des fils métalliques, qui est actuellement l'une des plus importantes branches de l'industrie métallurgique; elle fait l'objet de la spécialité de nombreuses usines appelées *tireries* ou *tréfileries (tirefileries)*.

Pendant longtemps, c'est avec le marteau et sur l'enclume que l'on ébauchait les fils métalliques, sur petite longueur, et qu'ensuite, on les régularisait par plusieurs passages à la filière en les tirant à la main (1). Plus tard on employa le découpage de bandes, procédé couramment appliqué au siècle dernier dans les conditions suivantes :

Le filet découpé dans la bande de dix à douze pieds de longueur était livré au banc de filerie *(fig. 1, pl. XIV)*.

« La roue *a* à mentonnets agit sur la traverse mobile *b*; cette traverse *b*, en baissant, tire à elle la partie coudée *e*; cette partie coudée *e* tire à elle les attaches de la tenaille *g*; la tenaille *h* tirée serre le fil de laiton et l'entraîne à travers les trous de la filière *k*. Cependant le mentonnet de la roue *a* échappe; le levie ressort *f* agit, repousse la partie coudée *e*; la partie coudée *e* repousse les attaches des branches de la tenaille, fait rouvrir la tenaille, avance la tête de cette tenaille jusque vers la filière; la roue *a* continue de tourner, un autre mentonnet agit en *b*,

(1) Au xvᵉ siècle, tout le fil de fer, en Angleterre, se fabriquait par la force seule d'un homme qui le tirait; et on ne quitta cette méthode que lorsque les Allemands eurent introduit la manière de le tirer avec un moulin. (*Voyages métallurgiques de Jars*, 1774, vol. Iᵉʳ, p. 180.) La première tréfilerie mécanique aurait été créée à Nuremberg en 1490 et en Angleterre en 1558 par des ouvriers allemands.

Digitized by Google

qui retire la coudée *e*; cette partie retire les attaches de la tenaille; la tenaille se referme; en se refermant elle resserre le fil; le fil resserré est forcé de suivre et de passer par le trou de la filière et ainsi de suite.

» Pour dégrossir du gros fil, il n'y a que deux ou trois cames à la roue. Pour le plus gros, il faut dix à quinze passages; pour le moyen, vingt à trente; le plus petit, trente à quarante. Cette opération va très vite, chaque coup de tenaille pouvant tirer deux pouces.

» Quand on veut filer extrêmement fin, comme le frottement n'est pas violent, on peut le tirer à bras d'hommes avec le moulin *figure 2.* » (Extrait de l'*Encyclopédie.*)

En 1785, l'une des principales tireries d'Alsace, celle de Grandvillars (1), possédait vingt-cinq tenailles et produisait, annuellement, sept mille bottes de 10 livres chacune.

Le fer était étiré en barreaux dans l'atelier du martinet; la longueur des barres était de 3 à 4^{m}, non parées.

Les extrémités de ces barreaux ne peuvent être filées : on coupe les deux bouts, qui font à peu près le tiers du barreau. Les milieux des barres sont convertis en fil de fer de toutes les proportions jusqu'aux *dix-plomb*, nom qui se donne au fil de fer de l'un des plus petits calibres.

La tirerie fabriquait vingt et une espèces différentes de fil de fer, depuis la qualité qu'on nomme *bâtard* jusqu'au *passeperle.*

Cette usine faisait concurrence aux importations d'Allemagne, de Suède, de la Russie, de la Prusse et de la Suisse (2).

Signalons encore l'une des premières applications du procédé de laminage du fil décrit par le même auteur.

Fabrication du fil de fer perfectionnée.

A la suite de la description de plusieurs établissements où l'on fabrique le fil de fer, j'ai cru devoir faire mention de quel-

(1) Première tirerie fondée en France en 1718.

(2) *Description des gîtes....*, par M. le baron de Dietrich, 1789, tome II.

Digitized by Google

ques améliorations introduites dans ce genre de travail : améliorations dont le détail n'est pas encore compris dans l'art de réduire le fer en fil, connu sous le nom de fil d'archal (1).

Le succès des tireries de fil de fer établies à Morvillars (2) a réveillé l'industrie de tous les artistes. Sept tireries actuellement en pleine activité dans le comté de Bourgogne ont toutes été modelées sur celle de Morvillars. On doit rendre justice à l'intelligence avec laquelle M. Fleur, l'un de ces *artistes*, a dirigé ces divers *établissemens* : c'est à lui que nous devons les observations suivantes :

« Dans certaines usines, au lieu de fabriquer la verge au martinet, on passe les barreaux à la fenderie. Cette méthode est nuisible en ce qu'elle coupe et détruit le nerf du fer. Ainsi fendu, il devient cassant et ne peut soutenir l'effort de la tenaille sans faire beaucoup de bouts, ce qui cause un déchet considérable. Il n'est pas possible de fabriquer au martinet, en si petite verge, des barreaux mal travaillés et mal soudés à la forge..., il en faut couper un ou deux pieds de bouts écrus... D'ailleurs, en réduisant le fer à un si petit calibre, il en résulte une grande quantité de verges écrasées qui ne peuvent servir aux tireries. On ne peut en repasser qu'une partie au martinet, le reste se vend à vil prix aux cloutiers.

» Sans doute, il vaut mieux fabriquer les verges au martinet; cependant ces verges crénelées, forgées, pour ainsi dire, *en octogone* de quatre lignes, donnent aussi beaucoup de déchet. *Je ne sais trop ce qui empêcheroit de fabriquer de la verge ronde, estam-*

(1) C'est improprement que l'on attribue parfois la désignation de fil d'archal au fil de fer. Cette désignation proviendrait de ce qu'un nommé Richard d'Archal aurait installé une tréfilerie en France vers l'an 1500. Or, le fil d'archal est cité dans le livre des mestiers d'Etienne Boileau (1254-1270) : « La corporation des batteurs d'archal, qui employait une sorte de laiton ou d'alliage dont la composition était peu connue; leur métier était très pénible ; ils ne travaillaient pas la nuit. » Le poète latin Horace emploie le mot *aurichalcum* avec le sens de laiton qui se désigne en normand par le mot : *arkal*.

(2) Les tireries de Morvillars (1785) comportaient 50 tenailles et fabriquaient 20.000 bottes pesant 200 milliers.

Digitized by Google

pée au martinet, au lieu de la verge octogone, dont la forme doit nécessairement, dans la méthode ordinaire, endommager les filières. De plus, il faut recuire trois fois cette verge, et la passer six fois par la filière avant qu'elle soit réduite au n° 24, c'est-à-dire à quatre lignes de diamètre; encore le fer de ce numéro n'est-il pas bien rond et souffre-t-il du déchet à chaque recuit.

» Pour obvier à cet inconvénient, M. Fleur fait forger *sa verge crénelée ou octogonale à six lignes de diamètre*. Pour fabriquer le fil de fer avec cette verge, M. Fleur a un procédé qui n'est employé dans aucune tirerie connue : il a imaginé une machine qui accélère la fabrication, adoucit la matière, et diminue les déchets, les bouts, la consommation du *suif* et le nombre des recuits. Une verge épaisse de six lignes, longue de quinze pieds, s'allonge jusqu'à trente sans qu'on soit obligé de la recuire. Pour amener au même point une verge de quatre lignes par la filière et la tenaille, il aurait fallu six opérations; ici l'on n'en fait qu'une seule qui épargne bien des frais. Elle donne au fer une force égale dans toute son étendue, et il en résulte que celui-ci passe par la filière sans faire de soubresauts. A tant d'avantages, elle unit celui d'épargner la rupture fréquente de la tenaille. Six ouvriers, aidés de quelques enfants, allongent en vingt-quatre heures six milliers de fers de six lignes de diamètre, tandis que quatre hommes, occupés à la tenaille, tirent tout au plus, dans le même espace de temps, cinq cents livres de verge de quatre lignes de diamètre.

» M. Fleur, d'après l'ordonnance du Roi, du 28 décembre 1777, qui offrait tant d'encouragements à l'industrie nationale, se crut obligé de communiquer son procédé à l'administration. Voici le détail de la machine dont il se sert pour l'exécuter. Cette machine comprend quatre cages de fer, dans chacune desquelles sont établis deux cylindres. Chacune de ces cages produit alternativement des effets contraires; dans la première, le fer, en verge de six lignes, bien chauffé, est passé entre deux *cylindres*

Digitized by Google

unis, qui l'allongent et l'aplatissent. Il acquiert par ce moyen *sept lignes de largeur* sur *trois seulement d'épaisseur*. On le retire de là pour le faire entrer dans la seconde cage, entre deux cylindres à entailles, où il devient rond et reprend un diamètre d'environ six lignes. Aussitôt on le passe dans la troisième, entre deux cylindres unis, qui de nouveau l'aplatissent. Alors, il acquiert cinq lignes de largeur sur deux d'épaisseur. Enfin, on le fait entrer toujours de la même chaude dans la quatrième cage : on l'y dépose, de sorte que le côté plat soit en haut. Les deux cylindres à entailles l'arrondissent parfaitement, il prend quatre lignes de diamètre et donne un fil de fer au n° 24. Il acquiert une fois autant de longueur que lorsqu'il était en verge, et se façonne avec les avantages détaillés ci dessus.

» Cette machine est, comme on le voit, très peu compliquée; elle entraîne peu de dépenses; il faut seulement recharger les cylindres, qui sont faits de fer trempé en paquet; encore cette opération n'est-elle pas fréquemment nécessaire. On peut, avant de la répéter, passer une centaine de milliers de ces verges de six lignes. Depuis plus de quinze ans (1770), M. Fleur fait usage de cette machine. Sans avoir eu besoin d'augmenter le nombre de ses tenailles, sa fabrication s'est accrue de près de moitié. Les bouts et les rebuts ont diminué des trois quarts; enfin la consommation *du suif* a été réduite dans la même proportion.

» M. Fleur propose encore plusieurs autres moyens de perfectionner la fabrication du fil de fer. Il voudrait qu'au lieu de se servir de tenailles, ou d'un marteau de bois pour épailler le fil de fer, on pût employer les tourniquets.

» Les tenailles à épailler se dérangent journellement; elles sont d'un grand entretien et corrompent le fer en le mordant trop. Le marteau de bois le corrompt encore davantage. Il le détruit *et l'estropie*. De là le volume des bouts et la quantité de déchets, surtout lorsqu'on tire le fer jusque dans les fins numéros; les tourniquets n'ont aucun de ces inconvénients.

Digitized by Google

Neuf lignes de fer et trois lignes d'acier superposé composent les filières, qui ont par conséquent une épaisseur d'un pouce, et que dans l'usage actuel on fait rougir plusieurs fois pour les percer. Pendant qu'elles sont sur l'enclume, un ouvrier tient un gros poinçon qu'un autre ouvrier, souvent aidé d'un second, enfonce à grands coups de masse. Cette opération se répète douze à dix-huit fois; à chaque fois il faut rapporter la filière au feu. Ces chaudes multipliées l'altèrent, la décomposent, et l'acier perd sa qualité. La filière ne vaut rien ou dure peu, parce qu'elle n'a pas assez de force pour résister au frottement. Pour remédier à ces inconvénients, M. Fleur a imaginé une autre machine. Un tour à eau fera mouvoir plusieurs poinçons, qui joueront tous ensemble. Ces poinçons (forets) perceront le fer de la filière à froid, jusqu'à ce qu'ils rencontrent l'acier; alors comme il n'y aura plus à trouer que l'épaisseur de trois lignes, un ouvrier pourra, à l'aide de quelques petites chaudes, achever l'opération. D'une main, il frappera à petits coups, en tenant le poinçon de l'autre. L'acier n'aura rien perdu de sa qualité; la filière ne sera point fatiguée, ses trous résisteront au frottement du fil de fer qui se trouvera de grosseur égale dans toute sa longueur.

» Ce tour pourra s'adapter à quelque autre qui fera mouvoir d'autres machines. Par là on épargnera encore du charbon, et cette considération est de quelque poids (1). »

A notre époque, le travail des tréfileries est chose simple comme autrefois.

Les bottes de machine sont livrées aux filières après avoir enlevé l'oxyde qui recouvre le métal par un décapage. A cet effet, les bottes sont placées dans des cuveaux garnis de plomb contenant de l'eau acidulée dans la proportion de 100^{kg} d'eau et $1^{kg},2$ d'acide sulfurique. Le volume est de 300 à 500^{l} de liquide, porté à l'ébullition par la vapeur. Le décapage dure de

(1) Extrait de la *Description des gîtes de minerai, forges .....*, par le baron de Dietrich, 1789, tome II, pages 32 à 36.

Digitized by Google

20 à 30 minutes, suivant le degré d'oxydation. Chaque botte est retirée, puis lavée dans de l'eau de chaux ou dans l'eau bouillante. Retirée, séchée, et enduite ou non de graisse en couche légère, elle est prête pour le tréfilage.

La botte est placée sur un dévidoir à rotation libre. L'extrémité du fil, étant effilée au marteau ou à la lime, est engagée dans le trou de diamètre voulu. Saisi de l'autre côté par une pince à serrage automatique dite *chien*, reliée à une bobine recevant un mouvement de rotation sur son axe, le fil est entraîné et, prenant le diamètre du trou de passage, il se rectifie et s'allonge.

Les bobines d'entraînement ont de $0^m,30$ à $0^m,80$ de diamètre; elles sont à arbre horizontal *(fig. 7)* pour les fils de fort échantillon, à arbre vertical *(fig. 4)* pour les fils de faible diamètre. Leur pourtour est un peu conique pour permettre d'enlever facilement la botte qui s'y enroule.

La rotation a lieu ou est interrompue à volonté par embrayage ou débrayage, suivant les nécessités du travail.

Le banc ordinaire à tréfiler présente les dispositions de la *figure 3, planche XIV.*

Un arbre inférieur horizontal reçoit le mouvement de rotation par une courroie et le transmet à la bobine par un couple de roues d'engrenage coniques.

Lorsque les bobines sont nombreuses, et c'est le cas des tréfileries en général, on les dispose au nombre de 10 à 20 sur des bancs en fonte de 10 à 20^m de longueur *(fig. 4* et *5)*. Elles sont rangées sur une ligne ou sur deux lignes parallèles et reçoivent leur mouvement d'un arbre de couche inférieur. Elles sont débrayables automatiquement. Pour cela, la bobine trieuse est folle sur l'arbre vertical *(fig. 6)*, qui porte un plateau calé, muni de trois rainures circulaires. La bobine est pourvue à l'intérieur d'un verrou sollicité par un ressort qui tend à le relever. Pour embrayer la bobine avec le plateau de l'arbre, le verrou est abaissé à l'aide d'une manette supérieure agis-

Digitized by Google

sant sur la tige du verrou, et celui-ci pénétrant dans une rainure, il y a entraînement et pression du verrou contre la paroi du plateau ; cette pression développe suffisamment de frottement pour s'opposer à l'action du ressort, tant que l'effort du tirage s'exerce. Mais, dès que cet effort cesse, soit par suite de l'épuisement de la botte, soit par suite de la rupture du fil, le verrou se dégage et la bobine s'arrête. Les bobines *figures 8* et *9* sont des variantes.

Indépendamment de ce premier débrayage, il convient de disposer sur l'arbre de couche des manchons de friction ou à dents permettant d'isoler chaque bobine du mouvement général.

Il importe que le fil prenne bien, à l'entrée et à la sortie du trou de filière, la direction de l'axe du trou et cela malgré l'enroulement continu, sinon des frottements anormaux se produisant, donneraient lieu à un étirage moins régulier et à une usure inégale.

Pour obtenir une direction constante de sortie, la base du tambour en fonte a un diamètre renflé, raccordé par un rayon prononcé avec la partie conique régulière.

Au moyen d'un dispositif appelé valet par les tréfileurs, la filière est disposée de façon que la direction de l'axe du trou soit tangente au pourtour de la bobine au niveau du congé de raccord. De cette façon, les spires de fil, au fur et à mesure de leur enroulement, sont constamment poussées, relevées vers la partie supérieure du tambour, par la pression de la spire qui s'enroule.

Pour les fils fins ayant une tendance à se tordre à la sortie du trou, on emploie un guide spécial, composé de broches à pivots d'acier.

L'opération pour les passages successifs est conduite de la même façon que pour le premier, en montant la botte sur le dévidoir, et en faisant passer le fil par un œil de filière de diamètre plus petit, et ainsi de suite, jusqu'au passage final,

Digitized by Google

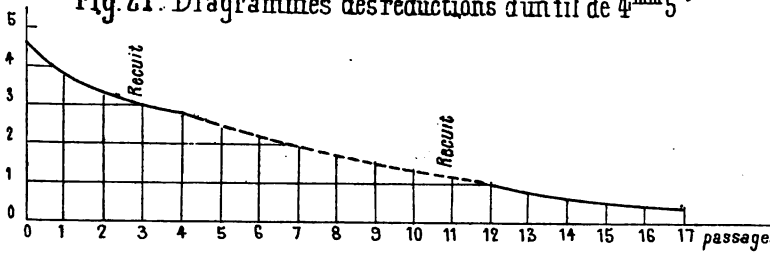
qui, pour des fils calibrés au plus près, se fait dans des filières rectifiées.

Pour éviter d'appointer plusieurs fois l'extrémité du fil, celle-ci est parfois réduite, avant le premier passage, sur une certaine longueur, au diamètre final, en l'étirant dans une filière à coussinets ou en deux parties.

Lorsque le fil a subi plusieurs passages, le métal s'est écroui. Pour éviter des ruptures, l'usure de la filière, réduire le travail mécanique d'étirage, il faut redonner au métal la ductilité perdue, soit par le recuit pour le fer, soit par la trempe pour le cuivre.

Le nombre des recuits dépend de la rapidité du décroissement des trous de filière et des qualités du métal. Ainsi le fer

Fig. 21. Diagrammes des réductions d'un fil de 4mm5



peut recevoir cinq, six, sept recuits, alors que l'acier doux n'en reçoit que trois, quatre ou cinq; de même le cuivre.

Un fer de bonne qualité, laminé en verge de 0m,0045, peut être tréfilé en deux passages aux diamètres successifs de 0m,0037 et 0m,0032; il peut même être encore réduit sans nécessiter de recuit aux diamètres 0m,003 et 0m,0028. Il subira alors un recuit et un décapage. Ensuite, il supportera huit passages correspondant aux diamètres 0m,0025, 0m,0021, 0m,0019, 0m,0017, 0m,0015, 0m,00135, 0m,001225, 0m,001.

Si l'étirage continue jusqu'à sa réduction au diamètre 0m,0004, on lui fera subir un deuxième recuit et un deuxième décapage, et si la vitesse est suffisante, l'étirage pourra se faire

Digitized by Google

sans nouveau recuit en passant par les dimensions $0^m,0008$, $0^m,0007$, $0^m,0006$, $0^m,0005$, $0^m,0004$ (1). Le diagramme *figure 21* indique les principales réductions.

Avec un fer de moindre qualité, il faudrait multiplier les passages, les recuits et les décapages, soit trois ou quatre recuits.

Avec un fer peu ductile, il faudrait recuire et décaper après chaque passage, ce qui élève le prix de revient outre mesure.

La régularité du fil dépend de la conservation de l'outil qui doit être résistant à l'usure. Les filières se font ordinairement en acier très dur de qualité spéciale, percées de plusieurs trous coniques calibrés à des diamètres variant progressivement

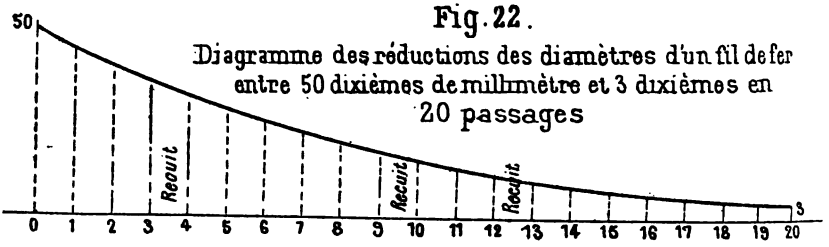


Fig. 22.
Diagramme des réductions des diamètres d'un fil de fer entre 50 dixièmes de millimètre et 3 dixièmes en 20 passages

(fig. 1ª, planche XIV). Les dimensions sont déterminées par l'expérience et dépendent de la nature du métal (épaisseur variable de $0^m,008$ à $0^m,030$).

Il va sans dire que les trous correspondent à la section du fil, qui est polygonale ou circulaire. La différence de diamètre pour des fils ronds varie de $0^m,0002$ à $0^m,0008$ à $0^m,001$. Cette différence doit être réglée suivant la qualité du métal, ses propriétés d'étirage et de résistance.

Le rapport de décroissance diminue à mesure que le fil devient plus fin *(fig. 22)*, car la résistance est proportionnelle au carré du diamètre, tandis que l'effort d'étirage est proportionnel à la surface sur laquelle agit la filière, c'est-à-dire est proportionnel

(1) C'est intentionnellement que nous ne désignons pas les diamètres par les numéros du commerce.

Digitized by Google

au diamètre. La résistance décroît donc plus rapidement que l'effort d'étirage du fil.

Des essais préalables permettent seuls de déterminer le maximum de réduction qu'il ne faut pas dépasser sans amener des chances de rupture, de défauts, de criques, de déchets.

Parfois les filières sont formées de plaques d'acier soudées à des plaques de fer qui s'opposent à la rupture pouvant être produite par la trempe très forte qu'elles subissent en vue de résister au frottement énergique que produit le passage du fil.

La filière est encore formée d'une boîte de fer de $0^m,32$ de longueur, $0^m,08$ de largeur et $0^m,013$ d'épaisseur de parois, avec un rebord de $0^m,026$. La boîte est remplie de morceaux d'acier très dur, dit acier sauvage, de nature se rapprochant de la fonte blanche (1). Le tout est chauffé au blanc soudant, puis martelé et étiré à une longueur double.

La grande ouverture des trous est dans le fer, la petite dans l'acier.

On préconise de percer le fer au foret à froid, et l'acier au rouge, avec un poinçon de forme conique à l'un des bouts et se terminant par une partie cylindrique dont le diamètre est égal à celui du fil qu'on veut obtenir.

La précision du trou est de la plus grande importance dans la fabrication.

La dureté a aussi une certaine influence.

Une trop forte trempe donne lieu à des éclats.

Pour les fils fins, on fait usage de morceaux de diamant ou de pierres très dures (2), en faisant entrer le fil par la plus petite

(1) Pour les gros diamètres (à partir de 3^{mm}), on adopte aussi la fonte blanche trempée coulée dans des coquilles fermées, traversées par des pointes d'acier que l'on chasse du moule aussitôt l'introduction de la fonte achevée, ce qui a pour but de permettre au métal de se contracter sans déchirures.

(2) Les fils dits *carcasse*, en acier, de diamètre égal à $0^{mm},027$, sont obtenus avec des filières en rubis. On produit dans ces filières des fils creux de quelques dixièmes de millimètre.

Les fils métalliques les plus fins que l'on obtient actuellement correspondent

Digitized by Google

ouverture afin d'obtenir un meilleur calibrage. Cette façon de procéder ne doit s'appliquer que pour le dernier passage, alors que le fil ne doit plus diminuer de diamètre. C'est le trou-finisseur.

Afin de réduire le frottement d'étirage, l'usure des trous, éviter dans une certaine mesure l'échauffement de la filière et lui assurer une plus longue durée, on a soin de graisser le fil et la filière, soit en plaçant sur l'avant une boule de suif, soit en faisant passer le fil dans un bain de matière grasse, soit, mieux, en tenant la filière immergée dans un bain d'huile. Dans ce dernier cas, la filière est montée sur un châssis à guides plongeant dans le réservoir d'huile dont les côtés sont entaillés de façon à permettre le passage du fil; chaque entaille est fermée par des obturateurs à coulisses. Pendant que l'obturateur supérieur se lève pour l'introduction du fil, l'autre se lève également pour empêcher l'écoulement du lubrifiant.

Le fil étant introduit dans la filière, le châssis est abaissé jusqu'à ce que l'huile baigne les parties en travail.

La vitesse paraît avoir une influence plus ou moins favorable, suivant la nature du métal et celle de la filière dont l'échauffement produit l'altération, si une bonne lubrification n'est pas assurée. L'échauffement du fil, au contraire, donne un recuit favorable à l'étirage si la température ne correspond pas à une réduction de la ductilité. La vitesse est très variable ($0^m,50$ à $1^m,50$), elle augmente avec la petitesse des diamètres dont la réduction proportionnelle est relativement plus faible que celle des gros diamètres.

L'expérience est le meilleur guide : la limite maximum pour un diamètre donné est celle qui produit la détérioration rapide de la filière, qui donne lieu à des criques, des fentes dans le métal, des ruptures, des rayures, barbelures, tous défauts indiquant une fabrication défectueuse.

à un centième de millimètre et mesurent, suivant la densité du métal, jusqu'à 1 million de mètres au kilogramme. Les fils de cette finesse sont d'un prix de revient très élevé et ne reçoivent guère que des applications scientifiques, notamment les fils de platine, qui ont leur emploi dans certains appareils électriques ou de physique.

Digitized by Google

La résistance de la filière à l'échauffement est particulièrement essentielle pour permettre d'atteindre les vitesses maxima, éviter en partie les recuits en profitant de l'échauffement produit par le frottement et la compression d'étirage, échauffement qui augmente la ductilité et qui permet de ne plus recuire les fils de $0^m,002$ à $0^m,0025$ de diamètre.

Ici encore, la confection du meilleur outil conduit à la fabrication économique et rapide. L'effort d'étirage est peu variable avec la vitesse; le frottement diminue avec la vitesse, tandis que l'action de compression augmente, ce qui a pour effet de déterminer une traction motrice sensiblement constante, quelle que soit la vitesse, celle-ci restant dans les limites courantes.

La pratique adopte des vitesses d'autant plus faibles que le métal est plus dur, plus résistant à l'étirage, que le fil est plus gros et que la réduction de diamètre est plus grande.

On remarque que le fil passé à la filière et recuit se prête mieux aux étirages ultérieurs, les fibres étant mieux disposées en vue de l'allongement.

Recuit.

Le recuit des bottes se fait en vase clos dans des cuves cylindriques en tôle de diamètre inférieur ou supérieur à 1^m et d'environ 1^m à $1^m,80$ de hauteur. Elles sont placées sur des maçonneries de manière que la flamme du foyer ne lèche pas le fond. La grille circulaire est à $0^m,40$ du fond de la cuve.

Souvent les flammes s'échappent par un tuyau central en tôle de $0^m,25$ de diamètre traversant la cuve sur toute sa hauteur.

La cuve repose sur une voûte de $0^m,50$ d'épaisseur et, sur le pourtour de la grille carrée, sont disposés huit carneaux latéraux conduisant la flamme vers le tuyau central.

Une cuve à recuire peut recevoir environ 1.500^{kg} de fil de fer en botte. Le dessus est fermé par un couvercle luté à l'argile.

Digitized by Google

Un deuxième couvercle s'appuyant sur la maçonnerie sert de dôme et guide la flamme au-dessus de la cuve.

Ce couvercle porte une cheminée centrale s'emboîtant avec le tuyau traversant la cuve.

Le recuit dure quatre heures et exige 200 à 250^{kg} de charbon. Le refroidissement a lieu en dix-huit heures.

L'oxydation des fils recuits usant fortement les filières, il faut nettoyer le fil, le décaper, par battage ou par lavage, dans un bain acidulé (1).

Les gros fils, après décapage et lavage, sont recouverts d'une colle pour le tréfilage à sec qui se fait en deux ou trois passages donnant un certain poli. On emploie : le sel ordinaire en dissolution, l'eau de colle à la chaux, la bouillie de farine, ou le mélange de ces matières. Pour obtenir un fil paré dit *fil clair* on le tire à l'eau; le dévidoir se trouve dans une cuve contenant de l'eau, de la lie de bière, un peu de sulfate de cuivre et d'acide sulfurique. On rencontre quelquefois des fils clairs, de couleur rosée, due à un excès de sulfate dans le bain.

Passages multiples simultanés.

Quelquefois on dispose, entre le tourniquet et la bobine, une première filière, une poulie tournant dans une auge contenant un bain de décapage, puis une deuxième filière *(fig. 1, pl. XV)* (2).

Le fil, après avoir passé par la première filière, s'enroule sur la poulie qui l'attire et le nettoie, il traverse ensuite la deuxième

(1) On estime, dans une bonne fabrication, le déchet dû à l'oxydation des recuits et autres causes, de 5 à 12 0/0, suivant le degré de réduction.

Ce rapport peut être beaucoup plus élevé si la fabrication est défectueuse.

Si on opère sur du laiton contenant 25 de zinc et 75 de cuivre, il convient, pour éviter des ruptures, d'enlever les rouleaux de fils et de les battre fortement sur une table.

On a cherché à enlever la couche d'oxyde par des flexions répétées ou des torsions en sens inverse. Une traction déterminant un certain allongement produit aussi la désagrégation et la chute de la pellicule superficielle.

(2) Brevet Glaçon, 6 juin 1876.

Digitized by Google

filière et s'enroule sur la bobine après être ainsi réduit de deux numéros au lieu d'un, dans le même temps.

Pour les métaux très ductiles et assez résistants, on peut faire le passage continu entre trois ou quatre filières, en ayant soin d'employer des poulies intermédiaires à vitesses correspondantes aux longueurs de débit progressives. Le fil s'enroule de plusieurs tours sur chaque poulie de manière à développer un frottement suffisant empêchant les résistances des filières de s'ajouter plus ou moins. Il faut, pour prévenir des additions de traction, que les commandes, les vitesses des poulies intermédiaires soient bien réglées, ce qui est difficile. De nombreuses ruptures se produisent, la surveillance est plus assujettissante qu'avec des bobines indépendantes qui n'exigent qu'un peu plus de manœuvres de bottes. Cependant, pour de faibles réductions, la résistance du fil étant suffisante, il est avantageux de disposer deux ou trois filières à la suite sans poulies intermédiaires d'entraînement, la résistance de chaque filière s'ajoutant directement à celle des autres. Les filières sont ainsi moins fatiguées, se conservent plus longtemps, le produit est plus régulier.

Il conviendrait de monter ces filières sur des supports à chariot actionnés à volonté par des vis, afin de pouvoir régler exactement les axes des trous sur la direction d'enroulement du fil sur la bobine tireuse.

Ce procédé permet de réduire le nombre des ouvriers chargés de la conduite des bobines.

Le passage à travers plusieurs filières multipliant les réductions élémentaires peut convenir pour les petits diamètres; néanmoins, il ne faut pas perdre de vue que le rendement mécanique est alors beaucoup moins élevé qu'avec de grandes réductions.

Tréfilage continu.

Le tréfilage continu d'un fil passant simultanément dans plusieurs filières présente une grande difficulté pour le réglage des vitesses quand on emploie des engrenages de commande.

Digitized by Google

Ce réglage devient facile et se fait automatiquement en utilisant le glissement du fil sur les organes effectuant la tension.

Lorsqu'on soumet le fil à l'action de deux ou plusieurs filières consécutives placées sur un banc à tirer disposé à la façon ordinaire, le dit fil, amené de l'écheveau sur le dévidoir et traversant la première filière de la série, s'enroule autour d'un galet ou d'une poulie motrice; de là, il passe au travers de la seconde filière, s'enroule ensuite autour d'une seconde poulie motrice, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ait atteint la bobine d'enroulement.

Pour la commande de ces galets ou poulies, on peut leur donner une vitesse circonférentielle supérieure à la vitesse maximum d'avancement ou de débit du fil, et utiliser le frottement qui existe entre les poulies et le fil qui s'y enroule, pour effectuer la traction, de telle sorte que, quel que soit l'allongement subi par le fil en passant par les filières, l'avancement du fil entre chaque filière se règle de lui-même, proportionnellement à l'allongement qu'il a subi et à la vitesse avec laquelle il s'enroule sur la dernière bobine dite bobine d'enroulement.

Les *figures 3* et *4* (1) montrent la disposition du banc A, des filières B, des galets ou poulies à gorge C portées par des axes C'. Le dévidoir D est monté fou sur un axe fixe D' disposé normalement au banc A. Ce dévidoir est garni avec l'écheveau de fil qui doit être tréfilé et fournit son fil à la première filière B sous l'impulsion de l'effort de traction communiqué pendant la durée de l'opération.

La bobine F est destinée à recueillir le fil étiré et à le maintenir à un état de tension convenable lorsqu'il a quitté la dernière filière de la série.

Le mouvement est communiqué aux poulies C_1 et à la bobine F par deux arbres G portant quatre poulies reliées par des lanières aux poulies C.

(1) Brevet à MM. Bolton, du 21 juillet 1887.

Digitized by Google

Lorsque la tension est trop forte, le fil enroulé sur les galets C glisse, ou c'est la lanière qui glisse sur C_1'.

Quand on veut économiser de la place, les bancs à étirer sont disposés comme *figures 5*, *6* et *7*.

Les *figures 5* et *6* montrent la marche du fil dans les diverses filières. Le banc A est à deux étages. Sur l'étage inférieur est fixée une série d'augets lubrifiants dans lesquels sont montés les cylindres C, qui y sont fixés ou bien constituent une partie d'un arbre longitudinal s'étendant d'une extrémité à l'autre du groupe de bancs.

Cet arbre est muni de poulies destinées à commander la rotation des axes de toutes les bobines d'enroulement D. Les cylindres C servent à tirer le fil au travers de toutes les filières disposées sur deux lignes parallèles, les filières de l'une des rangées correspondant aux espaces libres compris entre deux filières de l'autre rangée.

Ces filières sont supportées par deux barres E, E'.

Le fil qui vient du dévidoir F passe sous les cylindres C ou s'enroule autour de ces cylindres, ceux-ci étant immergés en partie dans le liquide lubrifiant des augets B. Le fil arrive alors à la barre conductrice, autour de laquelle il s'enroule et est ainsi conduit en regard de la première filière de la série portée par la barre E. Le premier étirage est alors effectué et le fil revient vers le cylindre C par une ouverture pratiquée sur la barre E'. Après s'être enroulé une ou plusieurs fois autour de ce cylindre, il est dirigé à nouveau vers la barre conductrice et passe de là dans une ouverture pratiquée sur la barre E pour se rendre à la deuxième filière de la série, qui est portée par la barre E'; de là, le fil revient au cylindre C de la même façon que précédemment, retourne à la barre conductrice et traverse la filière suivante qui est la troisième, et ainsi de suite. Le long du chemin circulaire parcouru par le fil, chaque filière de la série est amenée à agir sur lui, le cylindre lui donnant la tension voulue jusqu'à ce qu'il atteigne la dernière filière de la

Digitized by Google

série. Cette filière est montée sur un support indépendant situé à l'arrière du cylindre *(fig. 7)*, de façon qu'elle soit en regard de la bobine d'enroulement D.

La vitesse circonférentielle des cylindres C doit évidemment être supérieure à la vitesse maximum d'avancement du fil, et c'est cette vitesse qui est communiquée à la bobine d'enroulement qui complète la tension du fil. La bobine d'enroulement est débrayée à volonté par un excentrique disposé au-dessous qui la soulève sur son axe conique.

Les *figures 8* et *9* de la *planche XV* (1) montrent les dispositions analogues aux précédentes avec emploi de cônes à la place de cylindres, de manière à donner une tension régulière, éviter en grande partie le glissement, les diamètres des cônes croissant proportionnellement à l'allongement du fil.

Trempe continue du fil d'acier.

Certains fils d'acier, par exemple ceux pour cardes, subissent une trempe plus ou moins prononcée qui se fait d'une façon continue. On a soin d'opérer à l'abri de l'air pour prévenir l'oxydation.

Le fil passe, par exemple, dans un tube A d'amiante fermé aux deux bouts, porté à une température élevée *(fig. 10)* (2). Il prend ainsi, en variant la vitesse de passage, une température correspondant au degré de trempe qu'il doit posséder.

Entre le four et la cuvette contenant le bain de trempe, le fil est protégé de l'oxydation par son immersion dans un gaz dont la flamme est inoxydable. Il passe ensuite à travers un bain d'huile ou autre liquide qui le refroidit en assurant la trempe convenable.

Ces fils peuvent ainsi recevoir une trempe légère pour augmenter leur résistance et leur élasticité.

---

(1) Brevet de MM. Beguz et Bœcker.

(2) Disposition adoptée à la Manufacture of Hardened et tempered Steel Wire (1881).

Digitized by Google

Si le fil doit subir un recuit, on enlève l'huile adhérente par des tampons, puis il passe dans un tube plongé dans un bain de plomb chauffé à la température convenable. Enfin le fil passe dans un autre compartiment qui le refroidit et finalement dans une auge remplie de chaux et de craie. Le fil peut ainsi être utilisé sans nettoyage.

Galvanisation des fils.

En vue d'éviter l'oxydation, assurer une longue durée, certains fils sont galvanisés, zingués. Cette opération complémentaire est simple et consiste (1) : à décaper le fer dans l'eau acidulée chlorhydrique à 10 0/0 et à le rincer à l'eau. Les bottes sont ensuite chauffées et mises sur des dévidoirs libres, d'où le fil part et passe dans un bain de zinc fondu par chauffage dans une cuve en fonte. Un certain nombre de fils (10 à 20) voyagent côte à côte, attirés par la rotation des bobines d'enroulement actionnées mécaniquement à sa sortie du bain, le fil passe à travers des matières frottantes qui lui enlèvent l'excès de zinc.

Quand une botte est déroulée, on attache au fil, par nœud simple, celui de la botte suivante. Les bobines d'enroulement sont refroidies par un courant d'air froid; le fil s'enlève facilement et est livré à l'atelier de bottelage commercial qui forme des bottes de diamètre et de longueur déterminés.

Fil de zinc.

Le fil de zinc est obtenu par les procédés ordinaires de tréfilage en portant le métal à une température voisine de 150° qui correspond au maximum de ductilité.

A cet effet, les dévidoirs sont disposés dans des étuves spéciales chauffées par une circulation de vapeur à 5^{kg} de pression.

(1) Cette opération auxiliaire ne saurait être traitée dans cette étude avec développement. Nous ne faisons que l'indiquer en quelques lignes. Pour plus de détails, consulter la *Revue universelle des Mines*, 1885 : *Tréfilerie s américaines*, par M. Freson.

Digitized by Google

De plus, on donne au fil tiré une vitesse un peu plus rapide que celle pour le fer, de manière à déterminer un échauffement suffisant.

Ces fils sont utilisés dans divers cas en vue d'éviter toute oxydation; la clouterie et la pointerie en font une certaine consommation.

L'industrie électrique emploie aussi des tiges de petit diamètre, des verges de zinc laminées en cannelures par les moyens connus.

Étirage entre galets à gorges.

Pour obtenir de fortes réductions, on a essayé d'étirer les fils à la filière ordinaire en les faisant passer d'une section circulaire à une section ovale, puis à une section circulaire, de manière à opérer comme pour le laminage. Le passage de la section ovale à la section circulaire ne peut être obtenu régulièrement que si le fil est bien guidé, en disposant en avant des galets remplaçant la filière, deux guides qui s'avancent aussi près que possible du point de tangence des outils, qui sont, soit des cylindres GG *(fig. 14)*, soit mieux des cylindres RR' s'emboîtant partiellement *(fig. 15)* (1).

En avant des galets sont placés *(fig. 12)* les guides E qui maintiennent le fil ovale F de manière que son grand axe soit toujours vertical. Ces guides pénètrent au plus près des outils; on peut, par des vis, régler exactement leur position.

Le fil ovalisé, passant à froid entre les guides E, est tiré à travers la cannelure des galets par la rotation de la bobine d'enroulement.

Cette disposition supprime donc le frottement de glissement de la filière et constitue un véritable laminage du fil qui peut être définitivement calibré par un ou deux passages à la filière ordinaire.

(1) Brevet de M. Verschave, du 20 octobre 1887.

Digitized by Google

Fils découpés et étirés.

En vue d'éviter le laminage des fils, on les découpe à la cisaille circulaire dans des plateaux sous section carrée que l'on transforme en section circulaire ou autre par plusieurs passages à la filière.

Les *figures 16, 17* et *18* montrent la disposition de la cisaille (1).

La feuille de tôle pivote sur l'axe d'un petit chariot qui se déplace automatiquement vers les lames à mesure que la coupe se fait, de manière à assurer la régularité et la continuité de la coupe en spirale. Le chariot est actionné par une vis dont la vitesse rotative est variable suivant la largeur de la bande découpée. Son mouvement lui est donné par des engrenages en relation avec l'arbre de commande des cisailles.

Le fil découpé est enroulé sur une bobine conique mue automatiquement, la vitesse correspondant à celle de débit des cisailles.

Avant de passer aux filières le fil est recuit. Ce procédé s'applique aux fils de zinc, de cuivre, de laiton.

Le découpage du fil dans un disque de métal, en partant de la circonférence vers le centre, donne au fil une certaine irrégularité provenant de la variation de courbure qui va en augmentant à mesure que le rayon diminue. On pare à cet inconvénient en découpant un tuyau en hélice.

Le découpage peut se faire à la cisaille circulaire disposée comme *figures 19* et *20* (2). La lame supérieure A est munie d'un guide spécial D qui est un plateau à rebords contenant cette lame; ce plateau tourne avec la lame et aide au dégagement du fil dont il régularise la largeur.

Le tuyau est emmanché librement sur un mandrin E, incliné

(1) Ces figures sont extraites du PLOMBIER *(Encyclopédie Roret)*. Elle doivent se rapporter au brevet Wermington décrit dans l'édition de 1883 (page 232) du *Plombier* de Roret.

(2) Brevet du 8 décembre 1879 à M. Létrange.

Digitized by Google

par rapport au plan vertical des axes des lames de la cisaille. Cette obliquité détermine le pas de l'hélice et, par suite, la largeur du fil; par l'action des lames, le tube est attiré longitudinalement tout en tournant sur le mandrin.

Pour faire varier l'obliquité, il suffit de faire glisser le porte-écrou H de la vis G dans la coulisse circulaire I, pratiquée sur la plate-forme P, qui porte tout l'appareil.

Avec ce procédé il est possible de découper des bandes de toutes largeurs, faciles à développer.

Les fils de cuivre à haute conductibilité électrique sont produits directement en hélice par l'électrolyse, sur des mandrins appropriés. Les fils sont déroulés, puis rectifiés, étirés s'il y a lieu. Ils sont aussi découpés dans des tubes ou des plaques circulaires de métal obtenus par dépôt électrolytique. MM. Elmore (1) ont adopté les dispositions des *figures 21* à *24* pour le découpage des tubes. Deux lames de cisaille circulaire L sont montées sur un support de façon à pouvoir s'ajuster verticalement, pour pouvoir découper des tubes de différents diamètres et épaisseurs; ces lames peuvent s'ajuster dans une direction horizontale ou dans une direction oblique sous un angle quelconque de façon à permettre le découpage de toute largeur voulue. L'obliquité des lames est obtenue en faisant pivoter la tête du support sur son pied en desserrant les boulons qui la maintiennent; la semelle de la tête est pourvue de deux coulisses permettant ce déplacement. La *figure 22* montre que le tube est soutenu du côté des lames par trois galets G dont l'écartement est facilement réglable. De l'autre côté, le tube est solidaire d'un plateau d'entraînement P dont l'arbre est actionné par une courroie et poulie assemblée avec un manchon d'embrayage et de débrayage. La poupée de l'arbre du plateau se déplace automatiquement sur le banc de fondation D par l'entraînement que produisent les lames; on a soin d'équilibrer au plus près le

(1) Brevet du 15 septembre 1888.

Digitized by Google

frottement de la poupée par un contrepoids, de manière qu'il se produise une certaine poussée du tube contre les rebords des galets qui le soutiennent.

Les *figures 25* à *28* représentent la machine à découper les disques également au moyen de cisailles circulaires actionnées par courroies et engrenages intermédiaires. Sur le support des lames sont aussi montés des galets de soutien H ou d'entraînement dont les axes sont commandés par des engrenages reliés à ceux des lames. De plus, de chaque côté sont disposés deux galets guides à rebords E dont les axes G peuvent être réglés en position voulue suivant la largeur du fil ou de la bande à découper. Le disque M monté sur pivot P est toujours en contact avec les guides. A cet effet, son support glissant sur le banc est sollicité par un contrepoids suffisant.

Le disque est énergiquement serré contre le collet de l'axe pivot par un écrou à large rondelle d'appui. L'axe est de longueur suffisante pour que son emmanchement dans le support assure une bonne tenue et réduise l'usure au minimum.

Laminoir découpeur et profileur pour fils métalliques.

Le débitage de tubes sans soudure en fil est encore obtenu au moyen d'un laminoir découpeur et profileur à action continue *(fig. 10* à *12, pl. XIV)* (1).

Le tube est engagé entre deux galets *(fig. 11)* à cannelures hélicoïdales de section progressive, qui donne finalement celle du fil à obtenir. Pour guider et régler avec exactitude l'avancement du tube, celui-ci est disposé un peu oblique et il est sollicité par des galets pousseurs en relation avec les organes de commande de la machine à découper. La séparation se fait peu à peu, le fil se détache dans la dernière spire des cannelures et s'enroule sur une bobine *ad hoc*.

(1) Brevet Prétot, du 15 mai 1891.

Digitized by Google

Fil calibré à l'état liquide.

Les fils de métal pouvant être amené à l'état liquide sont encore obtenus par la compression, le refoulement à travers une filière ou orifice d'écoulement.

Pour le fer fondu, l'acier, l'appareil se compose d'un récipient en fer à garniture réfractaire, muni d'un trou fermé par un autoclave. Dans le fond se trouve un manchon de sortie, en fonte, traversé par un tube d'acier, refroidi par un courant d'eau froide, et dont le diamètre intérieur correspond à celui du fil à produire.

Au moment de la coulée du métal dans le récipient, le tube est bouché par un tampon.

On remplit, par le haut, le récipient d'acier liquide et d'acide carbonique liquide également, et l'autoclave est fermé.

Dès que l'on enlève le tampon, la pression due à l'acide carbonique repousse le métal au travers le tube d'acier et développe ainsi un fil ou barre rouge qu'il convient d'étirer une ou plusieurs fois avec les procédés ordinaires pour augmenter l'homogénéité du métal. On peut obtenir toutes formes de sections (1).

Fil coulé et comprimé.

Signalons enfin l'obtention du fil métallique par coulée continue du métal à l'état liquide au moyen de la machine de M. Levavasseur (2) *(fig. 13* à *16, pl. XIV)*.

Sur quatre roues s'enroulent deux chaînes sans fin F servant de moule. Chacune de ces chaînes forme la moitié du moule et est composée de chaînons ayant une ou plusieurs rainures *f* correspondant aux dimensions du fil *(fig. 13)*. Le métal s'écoule d'un creuset G qui se déverse automatiquement par l'action de la corde qui s'enroule sur l'arbre K. Le débit se règle à volonté.

(1) *Bulletin technologique*, novembre 1886.
(2) Brevet du 19 novembre 1883.

Digitized by Google

A l'endroit où se fait la coulée, les chaînons sont serrés l'un contre l'autre par un guide L, et le métal subit une certaine compression le forçant à remplir les cannelures et à lui donner de l'homogénéité.

A la sortie le fil passe sur une courroie en acier qui le conduit vers une bobine d'enroulement.

La commande du mouvement est faite à la main ou par courroie, la roue E reçoit la rotation par des engrenages intermédiaires et transmet son mouvement à la roue adjacente, puis les chaînes entraînent les deux autres roues engrenant aussi entre elles.

Pour augmenter la résistance du fil, il convient de le passer à la filière, ce qui, de plus, le régularise.

Ce procédé ne s'applique guère qu'aux métaux mous tels que l'étain, le plomb et leurs alliages.

Barres profilées.

Les barres dites profilées ont des sections très variables de formes et de dimensions. Elles sont obtenues par laminage, le plus généralement; elles se font en fer soudé, en fer fondu ou en acier fondu converti. Autant que possible, il faut suivre, dans le travail avec les cylindres à cannelures, les règles suivantes (1) :

Opérer en une seule chaude sur grande longueur.

Les cannelures doivent présenter une décroissance de section telle que chaque partie, plus ou moins régulière, s'étire à peu près uniformément, surtout dans les cannelures finisseuses.

Produire les pressions sur les différentes parties de la section, de manière à obtenir un étirage égal sans déplacement transversal du métal.

Régler la position des cannelures sur les tables des cylindres

(1) *Tracé des cannelures des cylindres de laminoirs*, par Daelen. *Revue universelle des Mines*, 1872; — *Traité sur le tracé des cannelures de laminoirs*, par Choteau. Ch. Claesen, éditeur, Liège, 1875; — *Annuaire* de la Société, *Étude sur le laminage*, par Deny, 1877.

Digitized by Google

de façon à faire coïncider le centre de gravité de la section avec le diamètre moyen des cylindres, et cela en vue de réduire les glissements des surfaces en contact. Ménager les dépouilles nécessaires au dégagement facile des pièces.

Faire décroître l'étirage de manière que dans les dernières cannelures, il soit très faible. La décroissance des cannelures dégrossisseuses peut varier de 1/5 à 1/15.

La réduction de section doit être réglée de manière à ne pas déterminer une pression exagérée produisant des déchirures ou des bavures prononcées; elle doit être suffisante pour assurer le remplissage convenable de la cannelure.

Avec de grandes vitesses de laminage, les cannelures peuvent décroître plus rapidement qu'avec de petites vitesses qui ne peuvent profiter de la haute température quand on opère à chaud et que la ductilité est grande.

Le métal doit toujours être bien réparti dans toute la section de le cannelure.

Dans la détermination des sections successives, il faut surtout s'inspirer des règles consacrées par la pratique et qui varient en ce qui concerne le nombre de passages, avec les propriétés de malléabilité et de ductilité du métal en œuvre.

Dans la plupart des cas, il convient de faire des essais avant d'arrêter définitivement les diverses cannelures qui doivent correspondre à un profilé.

Suivant les dimensions des sections et particulièrement pour les fortes sections, les ébauches doivent provenir de lingots, paquets appropriés, profilés si possible, de manière à permettre d'obtenir dès les premiers passages une section facilitant les transformations successives ultérieures (1).

Le laminage doit se faire à plat, c'est-à-dire que les grandes dimensions sont disposées horizontalement, suivant la lon-

(1) La constitution des paquets profilés a été un progrès dans le laminage des fers spéciaux; elle a rendu possible la fabrication de nombreux profils que l'on considérait comme irréalisables avec des paquets rectangulaires.

Digitized by Google

gueur des génératrices des cylindres, afin de réduire au minimum les frottements dus aux différences de vitesses des parties en contact. On admet généralement qu'avec des paquets ordinaires le déchet varie de 20 à 30 0/0 et que les bouts et rebuts donnent des chutes de 7 à 8 0/0.

Avec des lingots de fer fondu ou d'acier doux, le déchet ne dépasse guère 10 0/0. Le laminage se fait dans de meilleures conditions, les criques et les arrachements sont moins à craindre avec un métal homogène et plus malléable. Ce métal tend à se substituer au fer soudé pour toutes barres profilées (1).

Profils divers simples.

Les barres profilées des types simples tels que ceux *figure 23* se rapportant à des bandes chanfreinées, des barres à bandages, fers à section trapézoïdale pour barreaux, barres à boudins pour ferrures, plates-bandes à rainures, ronds cannelés, ne présentent aucune difficulté, les saillies étant relativement peu prononcées.

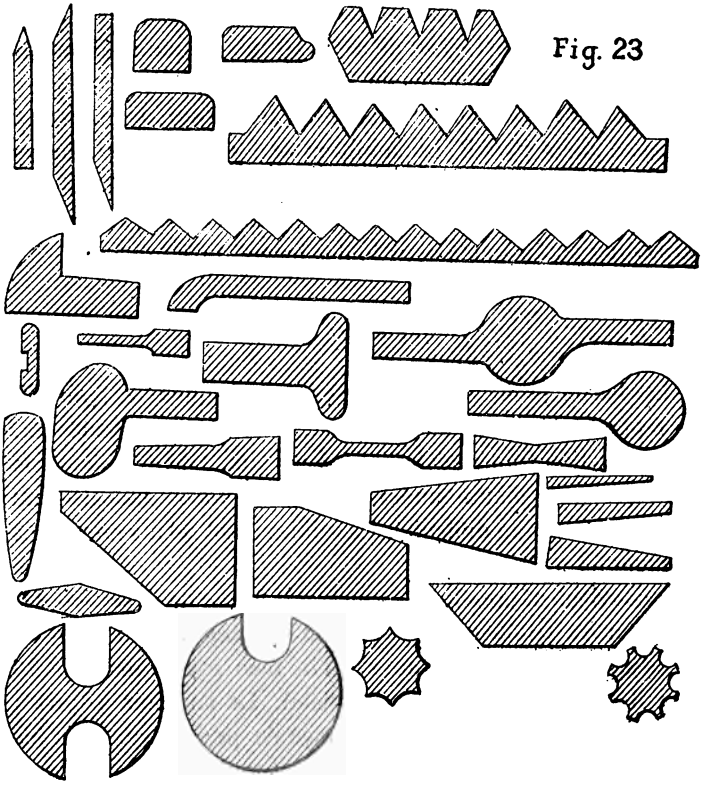
Il convient néanmoins d'ébaucher la forme de la section dès le début du laminage du paquet ou du lingot, au moment où le métal à haute température se prête bien par sa malléabilité aux déplacements relatifs du métal. Le laminoir à quatre rouleaux ou galets doit être employé de préférence, pour les barres à section dissymétrique qui ont toujours une tendance à se courber à la sortie des cylindres horizontaux et que l'on redresse au moyen des cylindres à axes verticaux. Ce laminoir

(1) Les *Annales des Mines*, 4e livraison, 1894, donnent les chiffres suivants pour la production des divers fers et aciers marchands et spéciaux en France :

	1892	1893
Fers marchands	111.545t	106.523t
Aciers marchands	324.905t	328.991t
TOTAUX	436.450t	435.514t

Digitized by Google

s'impose pour les barres rondes cannelées, les cylindres hori-



zontaux ne pouvant former qu'une partie des cannelures, celles en dépouille.

Fers à double T.

Les fers à double T présentent les sections *figure 24*.

Pour les petites dimensions, les paquets et les lingots sont de section rectangulaire, les premières cannelures les amenant rapidement à une section très ébauchée pendant que le métal

Digitized by Google

est à haute température; les cannelures finisseuses transforment la section avec des allongements qui diffèrent peu pour l'âme et les ailes.

Les fers très légers employés pour clôtures exigent une fabrication soignée.

Les fers de moyennes dimensions proviennent de paquets profilés par les mises ou de lingots profilés par les lingotières *(fig. 1, pl. XVI)*.

L'obtention d'angles vifs, de congés bien nets dans les profils de ces fers présentant des épaisseurs relativement faibles,

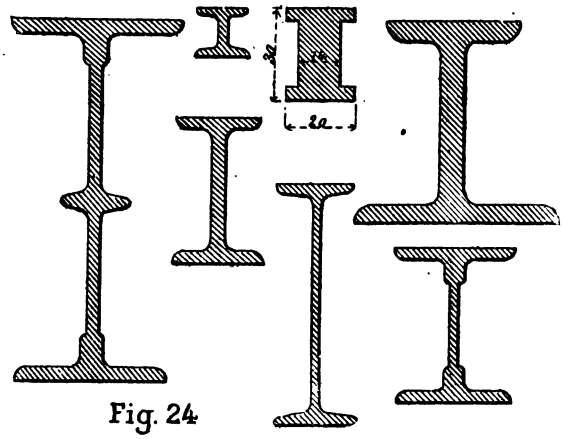


Fig. 24

exige l'emploi de mises extérieures résistantes, de couvertes corroyées, ballées ou mazées; l'intérieur étant composé d'ébauches, de chutes de fers divers, de riblons. L'emploi de corroyé de bonne qualité pour les ailes prévient aussi les déchirures que tend à produire l'allongement par entraînement. La proportion de corroyé varie de 15 à 40 0/0 et parfois davantage.

Pour les grandes hauteurs, on adopte des paquets constitués avec des mises ébauchées disposées comme l'indiquent les *figures 1, planche XVI*.

Digitized by Google

Dans ces paquets il convient de porter à 50 0/0 la proportion des corroyés; les couvertes pour ailes sont souvent des plaques simples ou doubles de 0m,030 à 0m,040 d'épaisseur; les âmes sont formées d'ébauchés, de corroyés ou de vieux fers. Parfois les gros paquets comportent quelques rangs de mises croisées enchevêtrant les soudures.

Les paquets pour fers de grande hauteur et de grande longueur sont difficiles à chauffer uniformément; leur prix de revient étant plus élevé que celui des poutres assemblées à éléments simples rivés, la fabrication en est assez limitée.

Fig. 25 Ebaucheur

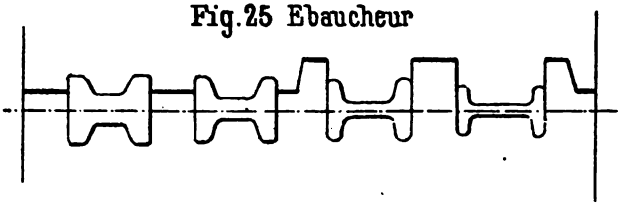
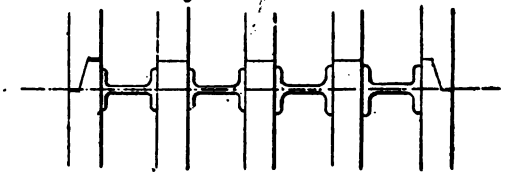


Fig. 26 Finisseur



Les plus grandes hauteurs que font les forges actuellement ne dépassent guère 0m,500 à 0m,600, les plus grandes longueurs varient de 15 à 25m. Des fers de 1m de hauteur ont été exécutés (1), mais n'entrent pas dans la pratique courante. Ils ne présentent pas tous les avantages que l'on pourrait attendre de leur légèreté. La flexion tend à produire le gauchissement de l'âme, insuffisamment soutenue sur une si grande hauteur.

Les laminoirs à cannelures des fers à double T de dimensions moyennes ont des diamètres de 0m,500 à 0m,600. Les canne-

(1) Forges de Châtillon. Ces fers ont figuré dans les expositions pour montrer la puissance des procédés de fabrication.

Digitized by Google

lures ébaucheuses sont analogues à celles *figure 25*, les finisseuses sont fermées comme *figure 26*.

Le nombre de passages est ordinairement de 8 à 12, dans deux ou trois cages comprenant chacune trois ou quatre cannelures.

Le laminage complet est obtenu en une ou deux chaudes suivant la grosseur du fer, sa longueur et la vitesse des cylindres.

Ordinairement, les nouveaux trains comprennent un dégrossisseur trio à trois cannelures, une cage-trio intermédiaire à deux cannelures et un finisseur duo à une cannelure.

Le laminoir est à commande directe de 500 à 1000^{chvx} pour fers courants. Les trains pour lourds échantillons sont pourvus de tabliers releveurs mus mécaniquement au sortir des finisseurs; la pièce est transportée, par une table à rouleaux, aux scies circulaires.

Il convient d'achever ces barres au bio parce qu'on reproche au trio le défaut de concordance des cannelures. Le bio est réversible soit par le moteur à changement de marche, non muni de volant, soit par un embrayage à friction. Le laminoir réversible est avantageux pour les profils au-dessus de 0^{m},25 de hauteur; il supprime l'appareil de relevage. Un train réversible pour poutrelles de 0^{m},500 de hauteur, pesant jusqu'à 200^{kg} le mètre, installé aux forges d'Hautmont, a des cylindres de 1^{m} de diamètre pesant chacun 20^{t}. On fait des longueurs jusqu'à 20^{m}. Le moteur développe jusqu'à 3,500 chevaux-vapeur. Rappelons que c'est aux usines de la Providence (Marchiennes-au-Pont, en Belgique, et Hautmont, en France) que furent laminées, en 1849, les premières poutrelles à double T. Ce sont ces usines qui les propagèrent dans les autres pays, notamment en Angleterre, où on employait des poutrelles en fonte.

La section de la cannelure finisseuse tient compte du retrait, excepté pour l'âme, dont l'épaisseur est plus faible de un tiers à un quart de millimètre à la sortie, parce que cette partie devient toujours un peu plus épaisse que la cannelure finisseuse

Digitized by Google

l'indique. Cela tient à ce qu'elle s'étend un peu plus que les patins et qu'elle reprend de l'épaisseur quand elle a quitté le laminoir.

On conçoit que par suite des différences de rayons r, r' ou distances de l'âme et des ailes aux axes de rotation *(fig. 27)*, l'âme tend à prendre une vitesse moyenne v'' ralentie qui détermine un glissement si l'action des semelles est prépondérante. Au contraire, les semelles prennent une vitesse plus grande que v' et glissent si c'est l'âme qui est prépondérante pour l'entraînement. En admettant une vitesse intermédiaire,

Fig. 27

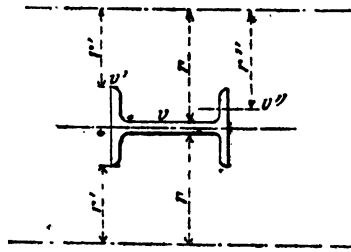
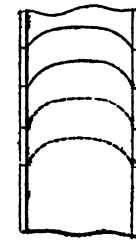


Fig. 28



v vitesse au contact de l'âme
v' vitesse au contact de l'aile au fond
v'' vitesse moyenne de sortie

le glissement se produit en partie sur l'âme et en partie sur les ailes. L'âme tend à laisser en arrière les semelles, les fibres du métal prennent la courbure *(fig. 28)* et l'âme entraîne les semelles en produisant en partie leur allongement, les pressions et tractions se transmettant de proche en proche.

Au début de la fabrication des poutrelles à double T, on donnait aux ailes une épaisseur égale à celle de l'âme. Les ailes ne pouvaient résister à l'entraînement de l'âme, il se produisait des fissures dans les ailes, leurs cannelures ne pouvaient être remplies, le métal ne recevait qu'une faible pression et ne s'étendait que par l'extension des autres parties.

Digitized by Google

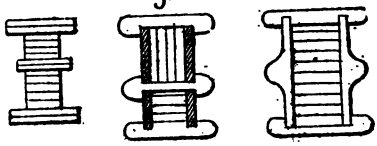
On a été conduit à augmenter l'épaisseur des ailes et à les raccorder, avec l'âme, par des congés prononcés. Dans les épaisseurs des âmes des double T, il faut tenir compte aussi du refroidissement rapide, inégal, qui détermine des tensions faisant gauchir la pièce.

Fers à âme nervurée.

Pour les hauteurs exigeant le renforcement de l'âme, on a adopté les fers à âme nervurée au milieu, les nervures ayant une faible hauteur. Ces fers se laminent comme les précédents avec des paquets profilés *(fig. 29)*.

La partie médiane est en fer corroyé qui se prête bien aux allongements à chaud très prononcés dans les premières cannelures. Les types de paquets à couvertes d'âmes ébauchées conviennent bien pour ces fers.

Fig. 29



Les fers de grande hauteur exigent un paquetage soigné profilant au plus près la section. Il faut aussi de puissants laminoirs et il est difficile d'obtenir les largeurs d'ailes que, pour une épaisseur donnée de l'âme, on réalise avec les poutres rivées de dimensions analogues.

Pour remédier à ces difficultés, les forges de Châtillon et Commentry ont constitué le paquet par trois barres laminées et assemblées à froid, comme le montrent les *figures 30* (1).

Ces paquets se tiennent bien au four et sont passés à une cannelure de laminoir soudant les pièces et lui donnant ses dimensions définitives. On peut ainsi obtenir de grandes largeurs d'ailes. Ou encore, la poutre est constituée par des fers assemblés au moyen d'un petit nombre de rivets et les parties sont soudées par laminage.

(1) Brevet du 22 février 1867.

Digitized by Google

Les pièces se soudent difficilement, il est préférable d'adopter le paquet formé de deux ⊔ et d'une ou plusieurs mises de fer pour former l'âme et permettre d'assurer le soudage par un laminage plus prononcé.

Le laminoir universel à axes des quatre cylindres dans un même plan vertical convient mieux que tout autre pour le laminage des fers profilés, tels que ceux en ⊔ pour ébauchés. Il est utile de commander les cylindres verticaux par les cylindres horizontaux, soit comme le montrent les *figures 2, 3, 4* et *5, planche XVI*(1), qui se rapportent à une des premières applications de ce type de laminoir à la fabrication des fers profilés de grande hauteur. Sur le cylindre horizontal inférieur B sont disposées deux portées R qui s'appliquent avec une certaine pression sur les faces inférieures des galets E. Le déplacement à volonté des paliers du cylindre inférieur permet d'assurer une adhérence suffisante pour l'entraînement.

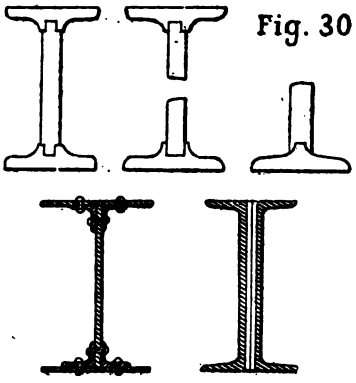


Fig. 30

Comme les galets R se déplacent latéralement pendant le

(1) Brevet du 27 mars 1867, Compagnie anonyme des forges de Châtillon et Commentry, pour un perfectionnement au laminoir soudeur à galets comprimeurs, breveté au nom de M. Helson le 27 mars 1861.

Il convient de rappeler que la première disposition du laminoir universel avec les quatre cylindres dans un même plan vertical est due à M. Cyriaque Helson et qu'elle fit l'objet d'un brevet en date du 27 mars 1861. Reporter les deux cylindres verticaux dans le plan des deux cylindres horizontaux constituait une transformation importante du laminoir dont les axes des cylindres étaient dans des plans parallèles.

On obtenait ainsi une cannelure fermée très propre à tous travaux de laminage.

L'une des premières applications se rapporte au soudage et étirage des paquets, puis l'inventeur l'employa au laminage des fers profilés en commandant les galets verticaux par des engrenages.

Digitized by Google

laminage, il se produit quelques différences de vitesses entre les cylindres horizontaux et verticaux qui se traduisent par des glissements relatifs des portées R sur les faces inférieures des galets. On donne aux portées de R une position moyenne par rapport aux positions limites des galets E.

MM. Petin et Gaudet appliquaient le laminoir universel au finissage des fers double T, vers 1866 (1).

Les *figures 6*, *7* et *8* montrent la disposition des quatre cylindres montés pour ce type de fers. En changeant les cylindres on obtient toutes formes analogues. Ce laminoir peut ébaucher et finir les barres. Une plaque de garde guide la barre à sa sortie.

Les *figures 9* et *10* (2) sont relatives aux dispositions adoptées par MM. Marrel pour le paquetage des gros fers, avec laminoir préparant les mises extérieures ou couvertes, ou soudant le paquet et l'achevant par un étirage en rapport avec la grosseur du paquet et la longueur à obtenir.

L'emploi du train universel a le grand avantage d'atténuer les frottements sur les faces extérieures des ailes et sur les côtés des cannelures qui s'usent rapidement.

Avec des paquets suffisamment profilés, il suffit de deux ou trois passages pour souder les éléments et les mettre aux dimensions si les longueurs ne sont pas excessives.

Fers croisillons.

Ces fers sont le plus souvent à ailes égales. Ceux à ailes en dépouille peuvent se laminer avec deux cylindres ordinaires cannelés; ceux à bourrelets sont laminés dans des laminoirs à quatre cylindres.

S'ils sont en fer et de petites dimensions, le paquet est rec-

(1) Brevet du 30 mai 1866.

(2) Brevet du 8 janvier 1867.

Digitized by Google

tangulaire ou carré; pour les fortes et moyennes sections, le paquet est profilé comme le montrent les *figures 31*.

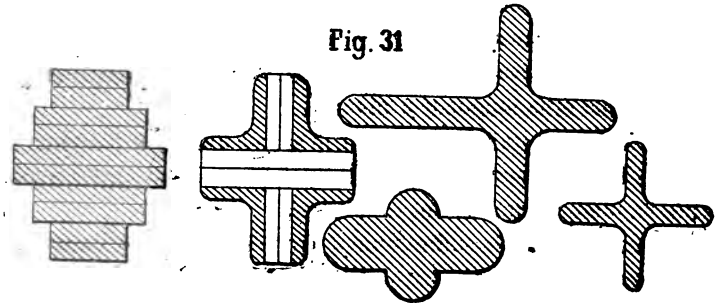
Il faut employer du fer corroyé résistant.

Les barres en fer fondu ou en acier doux proviennent de lingots à section carrée ou rectangulaire, ou ébauchés par un préparateur.

Après chaque passage, la barre est retournée de 90°.

Les ailes verticales ne recevant pas de pression sont fortement allongées par l'étirage des ailes horizontales; il tend à se produire des déchirures et les frottements sont grands sur les ailes verticales pour peu qu'elles soient saillantes; aussi, on ne peut laminer que les petites sections avec le laminoir ordinaire (150^{mm} au plus).

Fig. 31



C'est la raison pour laquelle les croisillons n'ont pu être fabriqués avantageusement comme les sections à double T.

Cependant, depuis une dizaine d'années, en appliquant le laminoir à quatre cylindres, les fers croisillons sont obtenus jusqu'à 450^{mm} de côté.

Signalons que le laminoir à quatre cylindres avait été employé pour croisillons par MM. Petin, Gaudet et Cie, dès 1866 (1) et qu'il présentait les dispositions des *figures 11*, *12*, et *13*, *planche XVI*.

Le lingot ou paquet soudé et dégrossi était livré après réchauf-

(1) Brevet du 30 mai 1866.

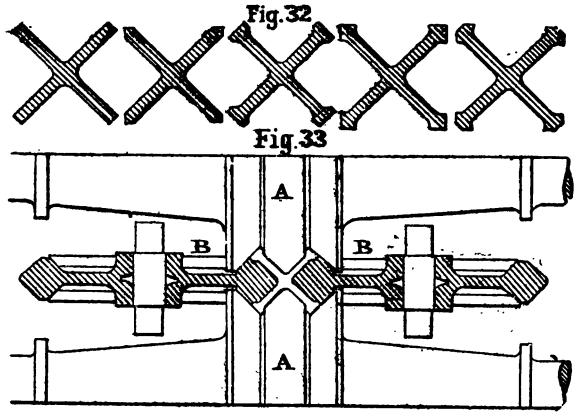
Digitized by Google

fage au laminoir à profiler dont les cylindres, en se rapprochant progressivement, produisaient la section en croix, à branches légèrement en dépouille, sans bourrelets aux extrémités.

Les pressions des cylindres rapprochés après chaque passage forcent le métal à monter, s'étendre de plus en plus dans l'intervalle laissé entre les galets verticaux et les cylindres horizontaux, jusqu'à ce qu'il arrive aux dimensions voulues.

Citons encore la laminoir Sack (1) spécialement disposé pour le laminage des divers profils *(fig. 32)*.

Ce laminoir est réversible et comprend quatre cylindres AA,



BB *(fig. 33)* dont les axes sont situés dans un même plan vertical. Les cylindres AA horizontaux donnent seuls la pression qui se répartit néanmoins sur les cylindres BB, attendu que la pièce est placée en V. Les cylindres AA sont seuls conduits; les cylindres BB sont entraînés par contact avec la pièce.

La *figure 34* représente *les changements successifs* de la section lors des divers passages.

Les *figures 1* à *11* de la *planche XVII* indiquent les principales dispositions des organes. Le cylindre horizontal supérieur

(1) Brevet Hugo Sack, de Duisburg. Dessins de l'*Engineering*, 29 janvier 1886.

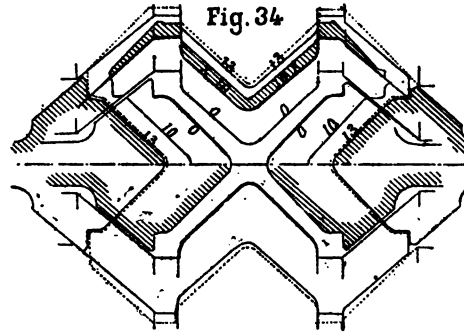
Digitized by Google

se déplace verticalement par le mouvement des vis analogues à celles des laminoirs ordinaires assurant le déplacement parallèle.

Les cylindres verticaux sont montés sur des supports ajustés à coulisseau entre deux paires de barres ou glissières assemblées dans les cages. Ces glissières peuvent être déplacées horizontalement ou verticalement, au moyen de vis et de coins manœuvrés pendant le laminage, de manière à régler les positions relatives des quatre cylindres.

La descente du cylindre supérieur A produit le rapprochement et l'abaissement des cylindres verticaux. La levée du cylindre supérieur étant déterminée, les cylindres verticaux se

Fig. 34



relèvent et s'écartent par l'action des contrepoids qui les sollicitent. Le jeu de ces cylindres permet d'obtenir des croisillons symétriques en ayant soin de retourner la pièce de 90° à chaque passage, et en les achevant dans un laminoir finisseur, dont l'action a particulièrement pour but de bien régulariser les bords extérieurs.

Les *figures 12*, *13* et *14*, *planche XVII*, montrent la disposition des cylindres pour la confection des fers à double T. Les ailes sont laminées en cintre, afin de ne faire travailler les cylindres horizontaux que sur une génératrice de la partie conique, ce qui use moins les cannelures. Le redressage des ailes se fait par un passage entre deux cylindres finisseurs.

Digitized by Google

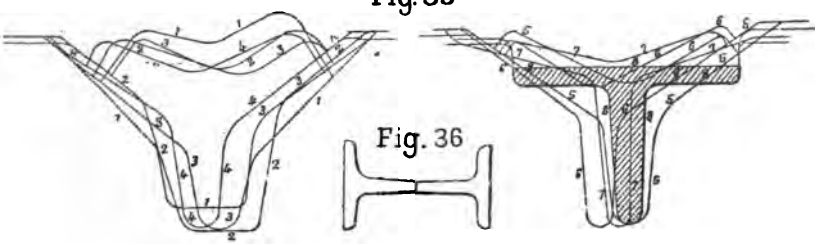
Ce laminoir est employé avec succès dans plusieurs grandes forges et aciéries du continent et d'Amérique.

Fers à T.

Les fers à T dont l'âme est de faible hauteur se laminent à plat. Si l'âme est plus haute que les ailes, le laminage a lieu de champ en retournant la barre à chaque passage *(fig. 3, pl. XVIII)*.

Lorsque les branches sont à peu près égales, les deux procédés qui précèdent se combinent; la barre est présentée de plat et de champ successivement à chaque passage, l'étirage se faisant principalement sur les branches horizontales *(fig. 5* et *6)*.

Fig. 35



Les paquets ou lingots sont de section rectangulaire ou profilée s'il s'agit de moyennes et fortes sections *(fig. 2)*.

Le nombre de passages s'élève jusqu'à 15 ou plus afin de ménager le métal.

On opère en deux ou trois chaudes. On a soin d'affranchir l'une des extrémités de la pièce dégrossie, afin de faciliter l'engagement entre les cylindres et de ne pas retarder la marche qui doit être très active pour profiter de la haute température du métal.

Un autre mode de laminage consiste à donner aux cannelures ébaucheuses la forme d'un Y dont les deux branches s'ouvrent progressivement. On retourne la barre à chaque passage de manière à produire l'allongement plus prononcé sur deux branches en même temps, la troisième s'allongeant par

Digitized by Google

traction, par entraînement du métal *(fig. 7)*. Les cannelures peuvent aussi être disposées obliquement comme *figure 8*, si l'âme est longue. Les *figures 9* et *10* se rapportent à des sections dérivant du T.

Les barres doivent être bien guidées à l'entrée et à la sortie parce que la dissymétrie de la section tend à les jeter de côté ou à les contourner.

Les derniers passages se font ou non sur plat.

On obtient aussi ces fers en laminant une barre à section double T *(fig. 36)*, puis en la fendant à chaud au moyen d'une cisaille circulaire dite train fendeur, ou à la scie circulaire.

On a soin de laisser solidaires sur une faible longueur (10 à 20^{mm}) les deux parties, vers chaque about de la pièce, afin que la barre ne se courbe pas en se refroidissant, la contraction de l'aile étant plus forte que celle de l'âme qui se refroidit plus rapidement. Ces parties sont détachées par quelques coups de marteau.

Laminoir universel pour fers à T.

Avec les finisseurs à cannelures, il est difficile d'obtenir des angles bien vifs au raccord des ailes; il arrive assez souvent, lorsque le cylindre supérieur cède ou lorsque les extrémités du fer laminé sont irrégulières, que ce fer reste pris ou qu'il s'enroule sur le cylindre.

Afin d'éviter ces éventualités, M. Émile Bouchon préconise l'emploi du laminoir *figure 11*, comprenant un cylindre supérieur C commandé et deux galets coniques C′C″ non commandés.

Les galets sont disposés sur des supports à chariot qui permettent de régler leurs positions relatives.

Le cylindre O peut se déplacer verticalement, de sorte qu'il est possible de laminer des dimensions variables dans une certaine limite.

Digitized by Google

Fers d'angles dits cornières.

Les fers cornières pour assembler les éléments de ponts et de charpentes se fabriquaient longtemps avant les autres profilés.

Ils se laminent de plusieurs manières, suivant leurs dimensions, et ordinairement en deux chaudes ; la deuxième chaude se donne après le deuxième ou le troisième passage, alors que la pièce n'a pas une longueur rendant le chauffage difficile.

Les paquets ou lingots sont de section carrée pour les petites dimensions, rectangulaire ou profilée pour les fortes cornières *(fig. 2, pl. XIX)*. Il faut, dans le cas de paquets de fer, des couvertes en bon corroyé. Parfois le paquet est formé de pièces angulaires *(fig. 3)*, afin d'obtenir des lignes de soudure mieux réparties.

Ainsi, une cornière obtenue par mises plates superposées fait ressortir les lignes de soudure *(fig. 4)*, sur une coupe soumise à l'action d'un acide, tandis qu'avec des paquets constitués par des fers d'angles superposés, une coupe traitée à l'acide accuse les lignes de soudure *figure 5*.

Les cornières à branches égales de petites et moyennes dimensions sont laminées sur angle *(fig. 6, 7* et *8)* avec un étirage variant de $0^m,50$ à $0^m,20$.

Pour les grandes cornières, M. Daelen a préconisé l'ébauchage de l'angle dans les premières cannelures, comme *figure 9* (1), puis le pliage des branches dans les dernières cannelures en opérant progressivement.

Cette méthode conduit au dégrossissage de tous les fers d'angle au laminoir universel en les achevant dans les cylindres à cannelures. Avec le laminoir universel, il suffit d'une seule paire de cylindres profilés au milieu pour laminer toutes les ébauches des divers fers d'angle, quelles que soient la longueur et l'épaisseur des ailes et aussi les fers à ailes inégales et celles

(1) *Revue universelle des Mines*, 1872.

Digitized by Google

à boudins. Dans le dernier passage, l'angle des branches doit être tenu de 3° à 12° plus grand que celui que doit avoir la cornière, pour tenir compte de l'action du retrait, qui tend à fermer l'angle. L'augmentation varie suivant que les branches sont plus ou moins longues, l'angle plus ou moins fermé et la température plus ou moins élevée.

Cornières à branches inégales.

Les petites cornières à branches inégales peuvent sans inconvénient se laminer alternativement, l'une des ailes sur plat, l'autre sur champ *(fig. 10)*.

Mais, pour celles de dimensions au-dessus de 60 à 80^{mm} d'aile, il convient d'opérer sur angle *(fig. 8)*.

Les cornières doivent être convenablement guidées pour éviter une courbure prononcée à la sortie des cannelures finisseuses.

Comme il est difficile d'obtenir des barres bien droites, il y a lieu de les dresser alors qu'elles sont encore chaudes. Un moyen rapide consiste à placer la cornière sur deux ou plusieurs supports en V *(fig. 11)* et de faire agir deux galets montés sur un petit chariot *(fig. 12)* que l'on charge à volonté et qui se déplace sur des rails. Les roues du chariot et les galets dresseurs sont montés sur les essieux.

On obtient un redressage rapide des cornières en les faisant passer, dès la sortie du laminoir, entre une ou plusieurs séries de galets dresseurs disposés comme l'indiquent les *figures 13* à *18*.

Ces galets sont montés sur leurs supports de manière à pouvoir se déplacer et appuyer contre deux faces de la cornière, soit pour guider la pièce, soit pour l'entraîner.

La machine à dresser, du modèle Richards, dont nous ne donnons qu'une vue du dessin d'ensemble, est pourvue d'organes de mouvement permettant le déplacement de la barre dans les deux sens, s'il est nécessaire.

Les trois galets de petit diamètre, placés à droite et à gauche

Digitized by Google

(fig. 14), servent particulièrement pour guider la cornière. Ce sont les cylindres intermédiaires de diamètre plus gros, montés sur des arbres plus solides qui sont destinés à produire le dressage de chaque aile séparément; chaque paire de gros cylindres saisissant une aile correspondante.

Les *figures 17* et *18* sont des variantes de cylindres dresseurs combinés.

A cause des effets de dilatation et de contraction, le dressage à chaud laisse toujours à désirer; si l'on exige une rectitude parfaite, il faut opérer à froid.

Fers en Z.

Les petites dimensions des barres en Z se laminent en cannelures sur angle *(fig. 19)*.

Les moyennes et fortes dimensions s'obtiennent par des ébauches à talons pour les angles dont on plie, en deux ou trois passages, les branches à l'angle voulu.

Fers en ⊔.

Les fers en ⊔ étaient ceux qui, autrefois, présentaient le plus de difficultés de laminage au moyen des cannelures ordinaires. La moindre pression sur les ailes donnait lieu à des déchirures.

La méthode de Daelen par laminage sur plats avec angles ouverts, puis le redressage dans deux cannelures finisseuses en a facilité l'exécution.

Le paquet de section rectangulaire, étiré sur plat et sur champ, est transformé comme l'indique la *figure 4, planche XX;* ensuite le pliage en cannelures donne la forme définitive.

Lorsque les ailes sont peu hautes, on réduit la courbure et la transformation se fait comme le montre la *figure 3*.

Pour les gros échantillons, on emploie la méthode ordinaire en partant d'un paquet analogue à celui d'un fer à double T que l'on ébauche *(fig. 2)* en développant les ailes de l'⊔, et en

Digitized by Google

laissant des fausses ailes du côté opposé, de manière que ce fer supplémentaire, que l'on fait écouler dans les passages ultérieurs, permet de donner un étirage sensiblement égal à l'âme et aux ailes, sans déterminer des entraînements, des tractions amenant des déchirures ou autres défauts.

Ce procédé s'applique naturellement aux sections présentant une surépaisseur du côté opposé aux ailes ou à l'âme.

Si celle-ci est renforcée au milieu par une nervure, on a soin de ménager également un excès de métal à distribuer dans les divers passages sans mettre à contribution le métal de l'âme.

Les fers en ⊔ à ailes de grande hauteur et à angles vifs à l'intérieur s'obtiennent de préférence par la combinaison des deux procédés; de même les fers à ailes dissymétriques et ceux à boudins qui ne comportent ordinairement que de faibles dimensions.

Fers gouttières ou demi-ronds creux.

Les fers à ⊔ prononcé dont le creux est obtenu par laminage direct dans une cannelure et boudin correspondants doivent présenter des branches en dépouille pour faciliter et permettre l'opération en partant d'une barre ou billette à section rectangulaire plus ou moins allongée. La gouttière présente la section *figure 9* après ébauchage et celle *figure 9bis* après avoir passé aux cannelures finisseuses.

A cause de la différence d'épaisseur du milieu et des côtés, les bords se déchirent souvent pour suivre le métal du milieu qui s'étire davantage.

Il est préférable de partir d'une cannelure donnant la section *figure 11* à la barre dégrossie. Les renflements des bords alimentent ceux-ci lorsque la pièce passe dans la cannelure suivante en présentant les renflements au-dessus, pour prendre la forme courbe *(fig. 12)*. Puis, le passage suivant donne la forme en V; les branches comme le fond ont subi un étirage

Digitized by Google

régulier, l'épaisseur est un peu plus faible au fond qu'à l'extrémité des branches. Le passage dans la dernière cannelure (*fig. 14*) redresse les branches et lui donne une épaisseur égale partout sans déchirer les bords.

L'épaisseur uniforme est particulièrement importante pour la confection ultérieure de tubes.

Le laminoir employé est du type à deux cylindres horizontaux et deux galets à axes verticaux (*fig. 5 à 10*) (1) qui, tous quatre, présentent à la circonférence une gorge de section convenable pour former à leur rencontre une ouverture de cannelure de forme ronde, carrée, ovale ou autre suivant la conformation à donner à la barre creuse. De plus, au centre de la cannelure est disposé un mandrin M, dont la forme est celle du creux de la barre tubulaire.

En avant des cylindres est disposée une boîte à guides G dans laquelle on introduit la barre pour la conduire dans les cylindres. Les guides et la boîte sont conformés suivant la section employée en ⊔, ou gouttière, ou en V. A sa sortie des cylindres, la barre est également guidée. Lorsque la barre-tube doit être soudée, les extrémités des branches sont laminées en biseau pour former recouvrement. Ces fers peuvent être de formes variées obtenues par déformations successives sans étirage prononcé.

Fers en V et fers dits Zorès.

Les fers en V dérivent des fers en ⊔ ou des cornières et se laminent de la même manière en fermant les angles des branches progressivement et ménageant un excès de métal permettant de produire un étirage sensiblement égal dans chaque partie. Ici encore, les barres de petites dimensions proviennent de paquets prismatiques ou de lingots ordinaires; pour les fortes sections, le paquet est profilé comme *figure 16*.

(1) Brevet Royer, Honzelot et Ragon (23 octobre 1878).

Digitized by Google

Les fers Zorès rentrent également dans cette catégorie de fers, de même que ceux pour colonnes. Les *figures 17* à *21* indiquent les différentes transformations du lingot ou du paquet, en combinant les effets d'étirage et de courbage en cannelures.

Fers ornés ou moulurés.

Les fers moulurés s'obtiennent assez aisément par laminage; il faut que les parties soient bien en dépouille afin que la barre se dégage sans difficulté des cylindres.

On peut aussi obtenir des dessins ou moulures de surface en employant des cylindres à empreintes correspondantes.

Les fers à V multiples, tels que ceux *figure 3, planche XXI*, employés pour pièces enroulées sont obtenus avec des paquets de bon fer corroyé n° 2 ou n° 3 *(fig. 2)*, laminés en une seule chaude, d'abord à un train dégrossisseur, puis à un train finisseur dont les sections des cannelures sont indiquées *figure 3*.

On passe deux fois la barre dans la cinquième cannelure ogive.

On a soin de disposer en sens inverse les saillies des deux cannelures profileuses, de manière à éviter la production des bavures.

Il faut retourner la barre sens dessus dessous avant de l'introduire dans la cannelure finisseuse.

Laminage des fers spéciaux sur ailes aplaties (1).

Pour le laminage des fers spéciaux divers à larges ailes, difficiles à obtenir par les procédés ordinaires, on peut appliquer la méthode suivante :

Le paquet ou le lingot à section rectangulaire est d'abord étiré, laminé avec une ou plusieurs rainures de profondeur voulue correspondant au profil à produire *figure 10, planche XXI*.

Ces ébauches sont ensuite étirées de manière que les ailes

(1) Brevet à M. Bicheroux du 22 août 1891.

Digitized by Google

produites par les rainures sont pressées les unes contre les autres; un soudage des ailes ne peut plus se produire, à ce moment où la température n'est plus assez élevée.

L'étirage se poursuit ainsi jusqu'à la forme s'approchant de la coupe transversale du profil replié sur ailes.

Ensuite on déplie les ailes, et la forme définitive, sans qu'il se produise d'étirage, est donnée par des finisseurs.

Par exemple, pour la fabrication d'un rail, on fait usage des outils *figures 4* à *9*.

On donne d'abord la première forme ou ébauchage avec le laminoir *figures 4* et *5*; on déplie les deux ailes avec l'appareil *figures 6* à *8*.

Pendant l'étirage, la tête du rail est achevée, les deux ailes de la rainure sont pressées l'une contre l'autre, et le pied du rail reçoit la section finale.

L'appareil *figures 6*, *7* et *8* comporte une table C fixée à la cage des cylindres finisseurs. Sur cette table se trouve un chariot D qui peut être déplacé dans le sens horizontal. Ce chariot porte un montant F muni d'une plaque G rechangeable, qui sert à guider la tête du rail. Au côté et au-dessous du chariot sont disposées des presses hydrauliques qui servent à soutenir et à déplier ou à écarter les ailes du pied du rail dans la cannelure finisseuse.

Lorsque le rail est placé sur le chariot, le piston I de la presse verticale presse fortement le rail contre le couvercle H dans un guide ménagé dans ce dernier. Le piston K de la deuxième presse introduit un coin entre les deux ailes de manière à les écarter. Le piston L de la presse disposée à l'extrémité du chariot entre en action en poussant le chariot vers la cage du laminoir, et en introduisant le rail dans la cannelure finisseuse qui écarte entièrement les ailes.

La *figure 9* représente une disposition plus simple pour déplier les ailes du rail.

A l'avant des derniers cylindres M du laminoir est disposé

Digitized by Google

un arbre N portant trois cylindres; les cannelures du premier cylindre O correspondent à la forme du pied à produire; le deuxième cylindre P est à vive arête et déplie les deux ailes; le troisième cylindre Q est lisse et donne au pied la forme définitive.

Pour les divers autres profils *(fig. 10)*, on procède de la même manière.

La *figure 11* est l'appareil spécialement disposé pour les rails-longrines.

Les *figures 12* et *13* se rapportent au laminoir pour les double T. Les cylindres supérieurs et inférieurs sont à bascule et suffisent pour faire toutes les opérations.

Pour obtenir des poutrelles d'une hauteur allant jusqu'à 1^m, on n'a besoin que de deux laminoirs. Dans le premier, on fait des poutrelles d'une hauteur de 200 à 450^{mm}, et, dans le second des poutrelles de $0^m,450$ à 1^m de hauteur. Pour déplier les ailes on se sert de l'appareil *figures 14* et *15*.

Laminoir Flotat pour fers profilés.

En vue de réduire le matériel qui nécessite le profilage des fers spéciaux de toute catégorie, M. Flotat a combiné un laminoir à cylindres ou galets multiples, en premier lieu appliqué au finissage des fers à T vers 1874.

Ce laminoir *(pl. XXII)* (1) comprend *(fig. 1)* un cylindre A à axe horizontal disposé au milieu de quatre galets BB′, B_1B_1' montés obliquement deux à deux, en haut et en bas du cylindre horizontal. Celui-ci reçoit le mouvement de commande et le communique aux autres par des pignons. Les barres sont d'abord ébauchées en forme de ronds ou d'ogives, de carrés, d'ovales, etc., selon la section finale à obtenir, puis elles sont introduites dans le laminoir finisseur qui les profile en un ou plusieurs passages, suivant la grandeur des types.

Selon les dimensions des sections à obtenir, on fait usage de

(1) Brevet du 26 mars 1878.

Digitized by Google

deux à cinq outils, formant chacun deux ouvertures variables, et donnant ainsi pour chaque ouverture deux et trois passages par le rapprochement, à volonté, des cylindres inclinés.

Avec ce laminoir, toutes les parties sont laminées et étirées simultanément; les réductions d'épaisseurs peuvent être plus facilement réglées de manière qu'il n'y ait plus allongement successif de chaque partie par entraînement de proche en proche, condition souvent très défectueuse et ne permettant pas le laminage de divers profils de faible épaisseur.

Ainsi, avec un groupe de deux systèmes à cinq cylindres, on peut laminer rapidement les plus grandes sections, en donnant à deux passages par ouverture, huit sections successives décroissantes suivant la loi progressive convenable.

S'il s'agit de laminer le fer à chaud, par exemple, aussitôt que la barre est dégagée des cylindres inclinés inférieurs travaillant avec celui du milieu, elle est rengagée entre les cylindres inclinés supérieurs et celui du milieu également; par suite, comme dans un trio, le dernier bout sorti des cylindres précédents est le premier introduit facilement et sans retard.

Les cylindres obliques sont montés de façon à pouvoir se rapprocher ou s'éloigner de quantités variables à volonté, soit simultanément, soit séparément. La résultante du déplacement est calculée de telle sorte que la somme des écartements de chaque cylindre incliné est toujours égale à la réduction d'épaisseur qui se produit en même temps entre les cylindres du milieu et les cylindres inclinés, c'est-à-dire, que les épaisseurs des différentes parties du profil sont réglées de manière que les allongements de métal sont constants en tous points.

Les cylindres ou bagues qui opèrent sont de forme correspondant à celle du profil, les même bagues pouvant servir pour tous profils semblables, quelles que soient les dimensions des côtés.

Pour certaines dimensions, on peut supprimer un des pignons des cylindres inclinés, ce cylindre étant alors entraîné par la barre saisie entre les deux autres.

Digitized by Google

Les *figures 9 à 24* montrent différentes dispositions pour diverses sections de fers.

Elles indiquent aussi que l'on peut combiner trois cylindres seulement *(fig. 21)* inclinés entre eux suivant les angles qui correspondent à la section à laminer, angles qui peuvent varier dans les plus larges limites, comme le montrent les *figures 19 à 24*.

Dans la disposition à trois cylindres, le laminoir se simplifie *(fig. 18)*, le déplacement est donné au cylindre horizontal et les pignons de commande des cylindres à arbres inclinés sont fixes ou mobiles dans le sens de leurs axes, selon la grandeur des sections.

Ce laminoir peut être combiné avec les laminoirs ordinaires duo ou trio pour former un ou plusieurs groupes se succédant en vue d'une opération rapide.

Barres creuses.

Rappelons que les barres, les poutres creuses de formes prismatiques peuvent être obtenues par le laminage hélicoïdal (procédé Mannesmann) en prenant, comme ébauche, un tube que l'on fait passer dans un laminoir oblique à galets de forme appropriée.

En employant un mandrin déplaçable à volonté longitudinalement, on peut produire la variation de l'épaisseur des parois de manière à obtenir un solide dit d'égale résistance, tel que celui *figure 25*.

Dressage et tronçonnage.

Les diverses barres profilées donnent lieu, comme les barres simples, à un redressage qui se fait dans des conditions analogues à celles déjà citées. Quant au tronçonnage, on utilise avec avantage la scie circulaire, dont un modèle commode est celui à outil oscillant avec arbre actionné par deux courroies montées sur un arbre supérieur commandé directement par un moteur à vapeur.

Digitized by Google

Barres cintrées.

Lorsqu'il faut achever des pièces profilées ou non en un seul passage et les courber à la sortie du laminoir, la disposition à quatre cylindres *(fig. 26, 27* et *28)* (1) peut être employée avantageusement.

Les deux cylindres verticaux A et B sont constitués par des rondelles de forme appropriée à la section de la pièce. Ces cylindres sont commandés par des engrenages en relation avec la transmission principale et par suite avec les organes de commande des cylindres horizontaux C, D qui achèvent la pièce en passant dans les cannelures de forme convenable.

La pièce est présentée à l'entrée des cylindres verticaux en la plaçant dans un guide G; un pousseur P, à levier, est disposé sur l'avant pour engager la pièce qui se dirige à la sortie des verticaux entre les horizontaux, munis à l'avant de guide empêchant le fer de dévier. A la sortie des cylindres C et D, un guide courbe E (un galet serait préférable) donne à la pièce la forme circulaire.

Barres laminées de formes variées à sections variables.

Les barres de formes variées se laminent avec des cylindres à empreintes correspondantes et font l'objet d'une fabrication qui tend à se développer.

Diverses forges les confectionnent depuis une trentaine d'années.

Ces barres permettent de réaliser une grande économie de main-d'œuvre lorsqu'il s'agit de pièces qui se répètent en grand nombre, comme les ferrures, les crampons, les marteaux, les pièces de coutellerie, etc.

Le laminoir peut comporter deux cylindres à rondelles rechangeables montées sur deux arbres *(fig. 29)* (2). Ces ron-

(1) Laminoir de MM. Mansoy et Cie. Brevet du 9 janvier 1867.

(2) Société anonyme des forges et aciéries d'Alfortville. — Brevet du 27 mars 1877.

Digitized by Google

delles présentent des cannelures à empreintes déterminées. Le diamètre est tel que leur développement contient un nombre exact de pièces dont la longueur est calculée en tenant compte du retrait.

Les *figures 30* se rapportent à des manivelles pour tendeurs brides de ressorts, plaques de renfort de wagonnets, pour attelage de wagons, fers à talons pour butées de ressorts, vis de tendeur, manettes.

Les ébauches étant séparées, on parachève la forme définitive. Il convient de donner aux cannelures des formes se rapprochant autant que possible de la pièce finie. C'est ainsi que pour la fabrication des rasoirs à bon marché, on lamine des barres ayant presque exactement la forme définitive, que pour les couteaux de table, la barre d'acier a la forme d'un double coin; découpée par le milieu, elle donne des couteaux, à peu près achevés.

Une condition essentielle pour obtenir un bon laminage de ces objets et une sortie rectiligne correcte de la barre consiste à opérer sur section symétrique par rapport à l'axe longitudinal. On est ainsi conduit à laminer en double ébauche des pièces que l'on découpe ensuite à la cisaille ou par un autre procédé.

Barres laminées à l'état liquide pâteux.

En appliquant aux barres le procédé d'alimentation d'un laminoir par du métal à l'état liquide, MM. Norton et Hodgson (1) ont adopté les dispositions *figures 31 à 34*.

Le métal est versé entre quatre cylindres convergents C, C′, C″, C‴; il est comprimé, refroidi, solidifié et entraîné en prenant la forme voulue. La barre B passe de suite dans une seconde série F, F′, F″ F‴, de cylindres convergents disposés au-dessous des cylindres refroidisseurs B. La barre B ébauchée

(1) Brevet du 16 juillet 1889.

Digitized by Google

est guidée et transportée vers un train finisseur comprenant plusieurs paires de cylindres H.

Ce procédé s'applique aux barres simples ou profilées. M. Buisset a préconisé l'emploi d'une lingotière de 2 à 3m de hauteur donnant la forme approchée du fer profilé sous pression énergique du métal à l'état pâteux, l'ébauché passant verticalement dans un laminoir *figure 35*. De là, la pièce est conduite à un laminoir finisseur horizontal.

Ces procédés ne sont pas encore appliqués industriellement; l'avenir saura probablement en tirer parti, de même que du

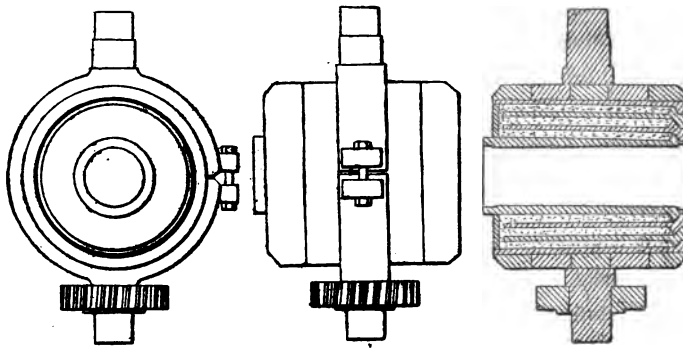


Fig. a, b, c. — Plan, élévation et coupe du cylindre de compression.

procédé de refoulement du métal pâteux contenu dans un récipient, à travers un orifice dont la section correspond à celle du profilé.

Ce dernier procédé a le désavantage sur les précédents, d'exiger de très fortes pressions pour peu que le métal se solidifie, et l'usure des mandrins de passage nécessite un entretien onéreux. Ce procédé a reçu quelques applications en Angleterre et en Allemagne (méthode Dick) avec les divers alliages malléables du cuivre.

La haute température, 500° et plus, de la masse métallique nécessite un récipient constitué [*fig. a, b, c* (1)], par un premier

(1) *Génie Civil* du 6 février 1897. Article de M. Trébla.

Digitized by Google

cylindre intérieur en acier, entouré d'autres cylindres également en acier, mais séparés les uns des autres par une matière isolante et en même temps très résistante. Cet ensemble est fretté extérieurement et ce sont les frettes qui résistent plus particulièrement à l'action des efforts développés par la pression qui atteint jusqu'à $3^{kg},5$, par millimètre carré dans un cylindre de $0^{m},500$ de diamètre. Les récipients peuvent contenir de 50 à 200^{kg} de métal; ils sont montés sur collier à tourillons de manière à pouvoir prendre, au moyen d'un engrenage hélicoïdal et vis sans fin, la position verticale lorsque se fait le remplissage, puis la position horizontale pendant le refoulement. Pour obtenir le fond du récipient pendant le chargement, on emploie une plaque en acier maintenue à l'aide de crochets. Dès que le métal est à l'état plastique, on place au-dessus un disque en acier biseauté, ajusté de manière qu'après dilatation il empêche le métal de refluer en arrière lorsque la pression s'exerce.

On amène le récipient dans la position horizontale; la plaque obturatrice du fond est remplacée par le mandrin profileur ajusté dans un support *(fig. d, e)* maintenu au moyen de mâchoires hydrauliques.

D'autre part, la tige du piston refouleur prend appui sur le disque intérieur par l'intermédiaire d'un bloc libre qui emboîte quelque peu la tige.

La pompe de la presse entre alors en jeu et en quelques minutes (4 à 6 suivant les cas), le contenu du récipient est transformé en une barre plus ou moins longue affectant le profil du trou du mandrin. La barre est supportée à la sortie sur des rouleaux.

L'opération se termine en ouvrant les mâchoires pour dégager le support de la matrice et en continuant à faire avancer le piston pour expulser le métal qui reste, formant le déchet, et pour chasser la matrice, le disque d'arrêt et le bloc d'about de la tige. Au lieu de verser du métal liquide, on peut introduire

Digitized by Google

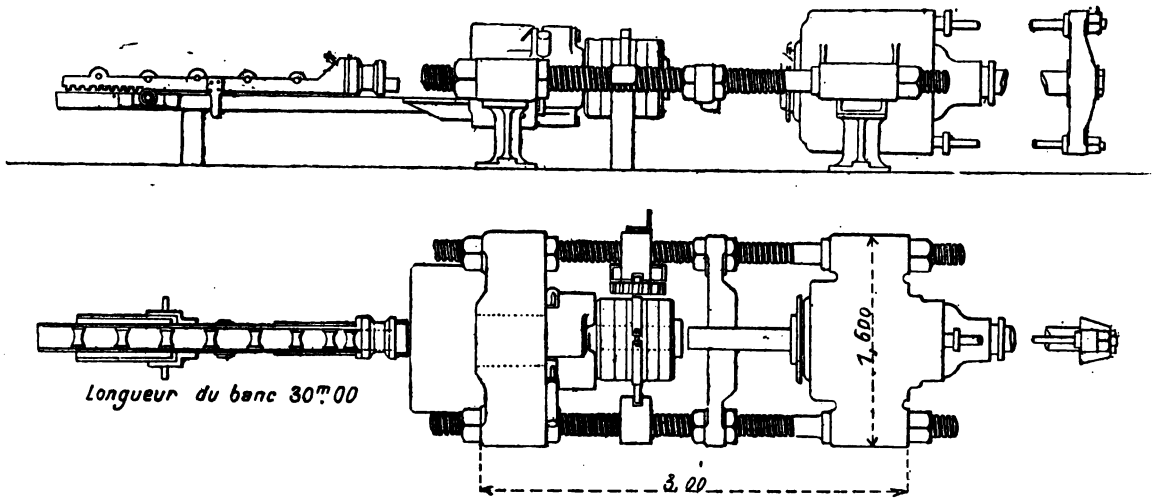


Fig. d et *e.* — Élévation et plan d'ensemble de l'appareil Dick.

Digitized by Google

dans le récipient un lingot chauffé jusqu'au degré de plasticité convenable.

On arrive à traiter une cinquantaine de charges par jour. Le service de la machine exige trois hommes seulement. Les profils peuvent peser de 15^{gr} à 50^{kg} par mètre courant.

Lorsqu'on opère en faible section, afin d'accélérer le débit, éviter des pressions trop grandes, la matrice présente plusieurs orifices.

Les matrices sont en acier extra-dur; elles sont chauffées avant la mise en place afin de déterminer la dilatation et prévenir des différences de section qui motiveraient un travail de finissage ultérieur.

Le métal des barres refoulées présente des propriétés analogues à celles des barres laminées et le prix de revient serait moins élevé. Le procédé serait applicable aux profils de fer et d'acier, si on possédait un métal suffisamment résistant pour confectionner les matrices.

Barres profilées par étirage.

Les barres étirées à la filière-mandrin peuvent présenter tous profils simples ou composés *(fig. f)*.

Ce sont généralement des barres de sections réduites en fer fondu, acier, laiton, cuivre, pour serrurerie, pièces de petite mécanique, instruments de précision, pièces d'électricité.

Ce n'est qu'exceptionnellement que l'on étire des barres de dimensions relativement fortes pour organes de machines, en vue de les calibrer, de les polir, de les durcir, ainsi que nous le signalons plus loin.

Il convient d'opérer sur des barres à profil ébauché au laminoir afin de réduire au minimum le travail finisseur d'étirage à la filière, qui est très coûteux, et donne lieu à des recuits plus ou moins répétés suivant la nature du métal et les dimensions de la section.

Digitized by Google

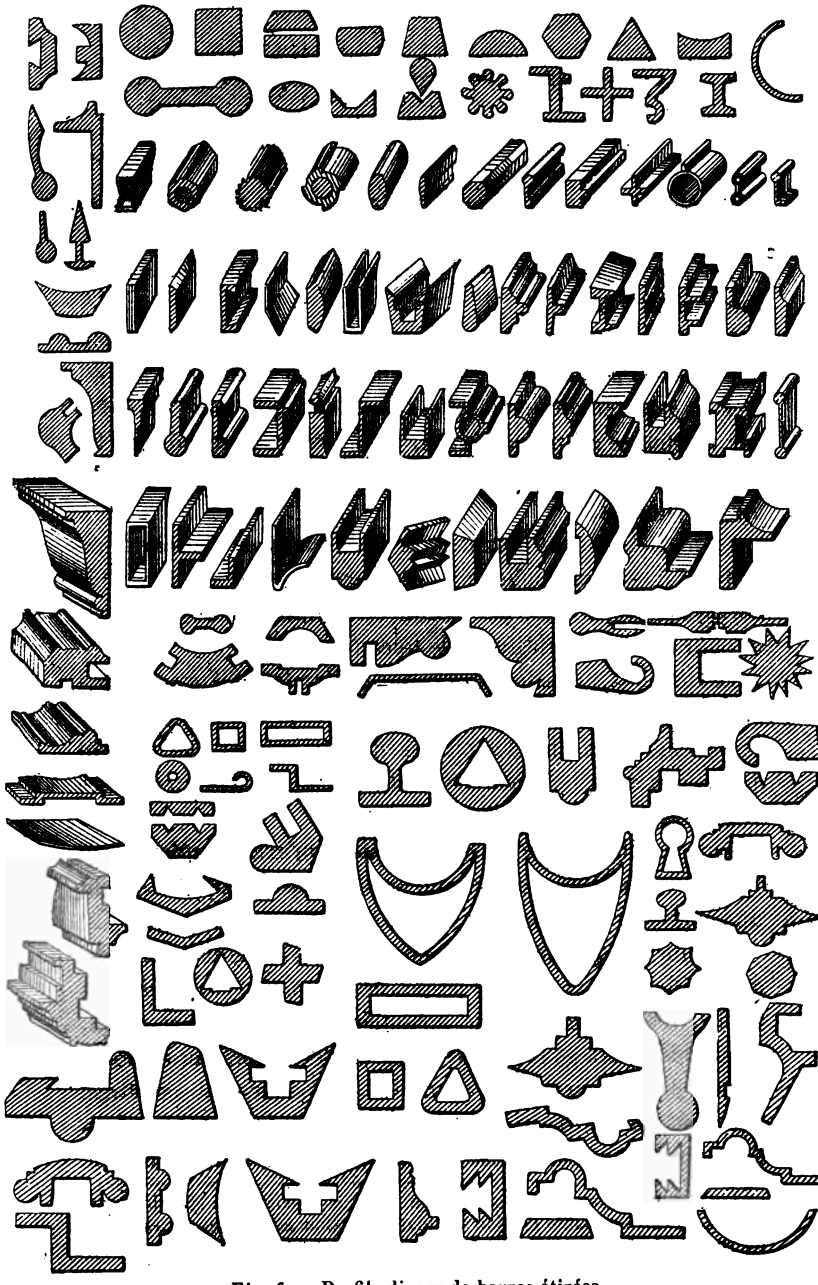


Fig. f. — Profils divers de barres étirées.

Digitized by Google

Tôles.

Les tôles sont des plaques métalliques de faible épaisseur relativement à leur longueur et leur largeur.

Les procédés de fabrication varient suivant l'épaisseur et les dimensions à obtenir.

Les tôles de grandes dimensions se travaillent isolément, tandis que celles de petites dimensions se façonnent plusieurs à la fois. C'est la caractéristique de cette fabrication, soit que l'on opère par martelage ou par laminage, en laissant au second plan les divers autres procédés, tels que ceux de découpage, de coulage entre cylindres.

Le martelage était le seul procédé couramment employé autrefois ; il est peu appliqué à notre époque, si ce n'est pour le corroyage préparateur des lingots ou des paquets de fer soudé et pour quelques catégories de tôles (1).

Les anciens procédés de façonnage des tôles et ceux suivis actuellement sont peu différents, si ce n'est pour les fortes épaisseurs telles que celles des plaques de cuirassement qui exigent des engins dont la puissance n'est pas comparable à celle des outils ordinaires.

Autrefois les épaisseurs n'atteignaient qu'exceptionnellement 15 à 20^{mm} ; les tôles pour chaudières, poêles de salines, avaient une épaisseur ne dépassant pas 10 à 12^{mm}.

La fabrication comportait généralement des tôles minces, des feuilles, des bandes de laiton, de cuivre que l'on découpait en fils, des planches pour chaudières des machines à feu, ustensiles divers pour teintureries, distilleries, brasseries, raffineries, pour les arsenaux, la marine, les poudres et salpêtres. Les tôles de fer ne vinrent qu'ensuite, et leurs applications s'étendirent successivement en tendant à se substituer au cuivre.

(1) Certains cahiers des charges pour tôles de chaudières stipulent que les lingots doivent subir l'action du marteau-pilon sur toutes leurs faces, en vue d'obtenir un métal plus serré.

Digitized by Google

Leur emploi sous forme de fer étamé dit fer-blanc prit particulièrement une certaine importance au siècle dernier.

L'époque actuelle exige des tôles de fortes dimensions pour la construction des appareils de vaporisation, des ponts métalliques et surtout des navires et des vaisseaux de guerre. Les grandes forges fabriquent couramment aujourd'hui des tôles qui atteignent jusqu'à 6^{m} de longueur, 3^{m} de largeur et 30 à 40^{mm} d'épaisseur et plus (1).

Les tôles constituent, par assemblages, des parois de grande étendue et souvent de grande résistance. La tôlerie a pris à notre époque une importance majeure; la production a suivi le développement général de l'industrie en perfectionnant son outillage en vue du travail rapide, en vue de donner satisfaction aux besoins nouveaux.

Les tôles de fer fondu, d'acier doux remplacent progressivement les tôles de fer soudé dans la plupart des applications, soit en mince épaisseur pour fers-blancs, soit en forte épaisseur pour chaudières, ponts, pour toutes pièces où on recherche l'homogénéité du métal, la ténacité et la ductilité (2).

La production des tôles d'acier au four Martin-Siemens est environ le double de celle produite au Bessemer; les tôles en acier puddlé ou en acier fondu au creuset entrent pour un vingtième de la production des tôles d'acier.

La fabrication des tôles se faisait autrefois dans des « ateliers appelés batteries, dont les marteaux sont de la même forme que ceux de forge; il ne pèsent que quatre à cinq cents.

(1) A l'Exposition de Chicago 1893, Krupp exposait une tôle d'acier doux de 20^{m} de longueur, 3^{m},300 de largeur, 0^{m},032 d'épaisseur, pesant 16.000^{kg}.
Les forges de Denain laminent journellement des tôles de 18 à 20^{m} de longueur, que l'on débite en trois longueurs.

(2) La quatrième livraison de 1894 des *Annales des Mines* fait ressortir les chiffres suivants pour la France :
1892. — Tôles de fer, 111.545^{t}; tôles d'acier, 127.774^{t}; au Bessemer, 42.773^{t}; au four Siemens, 80.826^{t}.
1893. — Tôles de fer, 106.523^{t}; tôles d'acier, 121.653^{t}; au Bessemer, 43.478^{t}; au four Siemens, 72.902^{t}.
1895. — Tôles de fer, 86.000^{t}; tôles d'acier, 182.000^{t}.

Digitized by Google

» L'objet des batteries est de rendre le fer de forge propre à différents usages, par son étendue, son peu d'épaisseur, sa souplesse; il prend alors le nom général de *taule*, et les surnoms particuliers de *rangette à étrille*, *à ferrure*, *à cric*, *à palastre*, *ronde*, *couvercle*, *de four*, *enseignes*, *fers de charrue*. La différence de ces espèces consiste dans l'étendue et l'épaisseur; ce qui les fait chauffer et battre différemment.

» Pour faire la *rangette*, on coupe le fer qui, au sortir des forges, est d'environ trente lignes de largeur sur douze d'épaisseur, en morceaux pesans environ huit livres : chaque morceau se chauffe à blanc, et se bat en deux chaudes, puis on le plie en deux, et s'appelle *doublon*; et en deux autres chaudes, on lui donne la largeur d'environ quatre pouces sur douze ou treize de longueur; ce qu'on appelle *arbelage*. De là on prend quatre doublons ensemble, trempés en eau d'arbue, pour empêcher les feuilles de se souder les unes aux autres : on les chauffe couleur de cerise et bat à quatre chaudes; ce qui leur donne environ dix pouces de largeur, et dix-neuf à vingt de longueur. On y joint quatre autres doublons en pareil état, et on bat les huit doublons en deux chaudes couleur de cerise qui les réduisent à leur dernière perfection. La rangette porte quatorze à quinze pouces de largeur sur vingt et un à vingt-deux de longueur : il entre ordinairement huit doublons dans un paquet pesant cinquante livres, poids de marc; les paquets se lient en deux endroits avec des bandes de taule coupées à la cisaille. . . . . .

» Les taules rondes pour poesles et poeslons se battent en deux feuilles, ménageant un endroit plus étroit au milieu de la feuille; c'est où on les plie : cet excédent est pour souder la queue; elles se finissent en les élargissant à deux doublons.

» Les couvercles de four se battent en feuilles à demi-rond en quatre chaudes; et on achève de les battre quatre ensemble.

» Les barreaux destinés à faire des feuilles pour les chaudières des salines ont depuis douze lignes jusqu'à dix-huit

Digitized by Google

lignes d'épaisseur. Ces grandes tôles se travaillent une à une. »

« C'est aussi dans les batteries qu'on prépare les taules pour le fer-blanc. Pour cela, on prend un paquet ou une trousse de quarante feuilles doubles chauffées au rouge que l'on porte sous le marteau de 700 qui n'est point acéré. Là, ce paquet est battu jusqu'à ce que les feuilles ont acquis à peu près leur dimension; mais il faut observer que les feuilles extérieures, celles qui touchent immédiatement à l'enclume et au marteau, ne s'étendent pas autant que celles qui sont renfermées entre elles, celles-ci conservant la chaleur plus longtemps, et cédant par conséquent aux coups plus tôt et plus longtemps.

» Après cette façon, parmi ces feuilles on en entre-larde quelques-unes qui dans le travail précédent n'avoient pas été assez étendues; puis on fait la même opération sur tous les paquets.

» On remet au feu, on retire par trousses d'environ cent feuilles chacune. On divise un paquet en deux parties égales, et l'on applique ces deux parties de manière que ce qui étoit en dedans se trouve en dehors. On bat sous le gros marteau...

» Les feuilles sont rognées et équarries, à la cizaille, puis elles sont préparées, décapées pour l'étamage (1). »

Le martelage des trousses ou paquets de tôles est pénible et exige beaucoup d'habileté pour éviter les bosses ou cavités, les plis, les déchirures. Il faut battre la trousse méthodiquement, la retourner souvent en opérant en plusieurs chaudes; il faut examiner les tôles, les trier, décoller celles qui adhèrent

(1) La fabrication du fer-blanc s'était particulièrement développée au XVIIe siècle, dès 1620, en Allemagne et en Bohême. Ce n'est que vers 1720 qu'une première usine fut installée en Angleterre, à Pontypool, et où, en 1728, les tôles furent laminées au lieu d'être martelées. La première usine à fer-blanc établie en France date de 1718. On essaya l'introduction de cette fabrication vers le milieu du XVIIe siècle, à Chenesy en Franche-Comté et à Beaumont-la-Ferrière dans le Nivernais.

Les premiers laminoirs à tôles installés en France datent du milieu du XVIIIe siècle. Ils furent introduits aux forges de Reichshoffen par le baron Dietrich.

(Ouvrage de Dietrich, 1785, tome II, page 346.)

Digitized by Google

et ont une tendance à se souder; placer à l'intérieur celles de l'extérieur qui s'allongent moins parce qu'elles se refroidissent plus rapidement. Il faut remettre les feuilles plus épaisses ensemble, reformer les paquets pour les rebattre et les parer. Les feuilles sont ensuite battues au maillet pour les régulariser, puis elles sont rognées à la cisaille aux dimensions voulues.

On conçoit que, malgré l'habileté de l'ouvrier, l'épaisseur d'une tôle martelée est plus ou moins uniforme et que le prix de revient est beaucoup plus élevé que celui des tôles laminées qu'on obtient plus régulières et surtout plus rapidement. Le laminage est pour ainsi dire le seul procédé suivi aujourd'hui; le martelage n'étant plus appliqué qu'au battage de feuilles n'ayant que quelques dixièmes ou centièmes de millimètre d'épaisseur, comme par exemple les feuilles d'étain que l'on obtient par les moyens suivants :

Feuilles d'étain battues.

Le métal coulé en lingot ou planche est laminé, puis les feuilles mises en paquet sont battues au maillet pour généralement réduire l'épaisseur à quelques centièmes de millimètre, ce que permet aisément la grande ductilité du métal.

On supprime le laminage en coulant le métal dans un châssis sur lequel est tendu un drap recouvert d'une toile fine.

Le métal versé dans un auget de la largeur du châssis s'écoule en nappe régulière.

L'opération est rapide, les feuilles pèsent de 1^{kg} à 2^{kg} chacune, ayant une surface de 2^{m^2}, une épaisseur d'environ $0^m,0001$.

Les feuilles sont portées sur une table de fonte; elles sont battues et réduites à une épaisseur de $0^m,00005$ à $0^m,00008$, en les plaçant dans un cadre qui se déplace sur la table de manière que toutes les parties passent sous le marteau. Ou encore, la feuille reste fixe sur la table et c'est le marteau agissant verticalement qui se déplace automatiquement dans deux directions rectangulaires, comme il est indiqué ci-après.

Digitized by Google

Battage des feuilles minces.

Les feuilles très minces étaient le plus souvent battues à froid au marteau à main; celles d'assez grandes dimensions étaient martelées par des équipes de six, huit, dix hommes travaillant un paquet de feuilles pendant quinze jours et parfois plus, ce qui donnait lieu à une main-d'œuvre considérable, en même temps qu'à une très grande fatigue de la part des ouvriers.

Grâce au martelage mécanique, on put opérer plus rapidement.

S'il s'agit de petites feuilles, on emploie des marteaux actionnés par courroie.

Le paquet comprenant un nombre variable de feuilles, 100 à 200 suivant l'épaisseur, est présenté à la main sur une large enclume et le travail est conduit de manière à battre successivement toute la surface à diverses reprises.

On obtient ainsi plus facilement que par le laminage, des épaisseurs de quelques centièmes de millimètre (1). Ces feuilles sont en plomb, étain, laiton, cuivre, aluminium et font l'objet d'une fabrication spéciale. Signalons le marteau dont les dispositions se rapportent à une machine à battre les feuilles minces construite par M. Dardel (2) *(fig. 1 à 6, pl. XXIII)*.

Les feuilles coulées ou laminées, au nombre de cinq à six cents, sont disposées horizontalement les unes sur les autres et reposent sur un massif de pierre ou de fonte.

Elles sont battues au moyen d'un petit marteau mécanique à vapeur de 35 à 40^{kg}. Ce marteau est monté sur un chariot D *(fig. 5)* pouvant prendre un mouvement longitudinal et un mouvement transversal par rapport à la table. Ce dernier mouve

(1) On obtient aussi par laminage des feuilles très minces. Par exemple : les feuilles de fer, de cuivre sont réduites à 0^{m},00001 et même moins en les laminant entre des feuilles plus épaisses. Ces feuilles n'ont pour ainsi dire pas d'emploi. Avec les procédés électriques, on produit des feuilles transparentes de moins de 0^{mm},0001 d'épaisseur.

(2) Brevet français, 1866.

Digitized by Google

ment se produit d'une façon intermittente à la fin de chaque course longitudinale. Le marteau atteint ainsi toutes les parties de la table. Il opère sur toute la surface, à plusieurs reprises, à volonté et automatiquement.

Le marteau peut donner de 150 à 250 coups par minute; le diamètre du cylindre est 100^{mm}; la vapeur agit à la pression de 4 à 5^{kg} par centimètre carré.

Ce marteau est du type Farcot; le grand cylindre C enveloppe le petit cylindre B et forme réservoir de vapeur détendue qui relève le marteau sous une pression de 2^{kg} par centimètre carré. La came E actionne le tiroir par le levier N; elle permet la variation de la détente et par suite la variation de l'intensité des coups. L'arbre de la came est mis en rotation par une poulie à gorge tournant à volonté à la vitesse de 150 à 250 tours par minute. Cette commande étant solidaire du mouvement alternatif du chariot D, le marteau cesse de battre quand on arrête la machine.

Feuilles minces laminées.

De même que pour le martelage, le laminage des feuilles minces se fait en trousses, soit en réunissant plusieurs feuilles de manière à obtenir une épaisseur totale, qui répartit les défauts d'épaisseur dus aux flexions des cylindres, et aussi pour prévenir un refroidissement rapide défavorable à la rapidité du travail. Ici encore les feuilles du milieu s'allongent plus que les feuilles extérieures dont la température s'abaisse plus vite; on a soin avant chaque réchauffage de donner de l'air à toutes les feuilles, de changer leur position, de manière à faire voir la face des cylindres à toutes les feuilles à tour de rôle.

On opère sur un nombre de feuilles variables suivant l'épaisseur. Ordinairement pour des épaisseurs de

$0^{mm},1$	$0^{mm},2$	$0^{mm},4$	$0^{mm},6$	$0^{mm},8$	1^{mm}

la trousse comprend

16	12	10	8	6	4 feuilles

Digitized by Google

dans les passages entre cylindres finisseurs. Dans les passages des dégrossisseurs, et suivant la nature du métal, le nombre des feuilles des trousses est variable. Ainsi, pour du fer, on part de largets fournis par les grandes forges ou par un train spécial à largets.

Ces pièces pour petites tôles ont 160^{mm} à 180^{mm} de largeur sur 10^{mm} à 20^{mm} d'épaisseur et environ 4 à 6^{m} de longueur, que l'on coupe à une longueur un peu supérieure à la largeur de la tôle à obtenir, pour tenir compte des déchets et des rognures.

En quatre ou cinq chaudes on ébauche et on finit. La première chaude est faite sur deux largets et les transforme en platines de 0^{m},60 à 0^{m},80. La deuxième chaude donne 1^{m},30 à 1^{m},50 de longueur, puis les deux feuilles sont décollées, pliées et réchauffées pour passer aux finisseurs, qui leur donnent la même longueur que précédemment. On a soin de faire passer le pli en premier lieu pour éviter les boursouflures.

Décollées, pliées, rognées et réchauffées une quatrième fois, on lamine en paquet et l'on donne trois chaudes pour achever à une épaisseur de 0^{mm},6 et cinq chaudes pour une épaisseur de 0^{mm},2.

Les tôles étant recuites et refroidies, on leur fait encore subir un laminage à froid comprenant quatre à six passages.

On emploie aussi pour les tôles minces des bandes découpées dans les tôles plus grosses rebutées. Ces bandes ont des largeurs variables (0^{m},20 à 0^{m},40) avec leurs dimensions finales, et suivant qu'elles sont ou non laminées dans les deux sens, on leur donne une longueur sensiblement égale ou plus petite que la largeur finale de la tôle.

Lorsqu'on emploie des largets laminés, il convient de disposer les bords en chanfreins pour faciliter l'engagement dans les cylindres. Il faut aussi enlever l'oxyde de ces plats à la sortie du laminoir en les plongeant dans un ruisseau à circulation d'eau. L'acier doux, le fer fondu se substituent de plus en plus au fer soudé dans la fabrication des tôles minces et particuliè-

Digitized by Google

rement pour celles destinées à subir un travail d'emboutissage.

Ainsi la plus grande partie des fers-blancs se fabrique en fer fondu; de même pour quantité de tôles de serrurerie et petite chaudronnerie (1).

Avec le fer fondu, les bords des feuilles sont plus nets, il y a moins de rognures, la qualité du métal est supérieure et le prix est le même ou moins élevé. Le rognage est fait avec des cisailles à levier à action rapide.

Tôles minces polies.

Le fer de qualité spéciale est d'abord laminé en feuilles de $0^m,60$ à $0^m,80$ de côté en étirant dans les deux sens. Ces feuilles sont recuites, mises en trousses comprenant cinq ou six épaisseurs avec interposition de charbon de bois pulvérisé et laminées aux dimensions moyennes de 1^m à $1^m,50$.

Triées avec soin, elles sont mises en paquets et recuites pendant six heures dans un four clos; puis on les martèle en paquets en interposant encore du poussier de charbon, avec un marteau de 1^t à panne de $0^m,15$ sur $0^m,40$, très peu bombée. Un nouveau recuit est suivi d'un deuxième martelage finisseur avec un marteau dont la table a $0^m,40 \times 0^m,50$. Les feuilles ont une épaisseur de 4 à 8 dixièmes de millimètre; elles sont coupées aux dimensions $1^m,40 \times 0^m70$ et pèsent de 4^{kg} à 6^{kg}.

Ces tôles, recuites dans des caisses, ont une surface noirâtre extrêmement unie et brillante, due à l'oxyde qui les recouvre et qui est très difficile à détacher, ce qui les préserve (2); on leur donne le nom de tôles noires.

Les tôles fines s'achèvent par un laminage à basse température, et pour leur donner un bel aspect bleuâtre foncé les préservant de l'oxydation, on les chauffe au rouge dans des fours à flammes fumeuses et on les refroidit avec de la vapeur;

(1) L'acier doux ou fer fondu a été employé pour tôles minces vers 1875, par G. Siemens, usines de Landore.

(2) Ce procédé est suivi depuis plus de quarante ans en Russie, dans l'Oural.

Digitized by Google

puis elles passent, à plusieurs reprises, au laminoir qui donne une surface brillante, exempte d'écailles d'oxydes noirs que garde toujours le fer laminé à chaud.

L'uniformité d'épaisseur, et le bel aspect des surfaces étant des conditions essentielles d'une bonne fabrication des tôles minces, le laminage se fait de préférence avec un laminoir bio dont la conduite est plus régulière.

Les cylindres, surtout les finisseurs, doivent être très lisses, très droits, très durs pour éviter les inégalités. Ces cylindres doivent être précis et bien serrés parallèles. La vitesse ne doit pas être trop élevée, afin de ne pas échauffer les cylindres et donner lieu à des dilatations inégales produisant des feuilles ondulées. On admet qu'il ne faut pas dépasser 20 à 25 tours par minute, les diamètres des cylindres ayant de $0^m,40$ à $0^m,55$ de diamètre. Avec des vitesses plus élevées, il faut arroser les cylindres à l'eau chaude afin que le refroidissement ne soit pas trop vif (1).

Le laminage à basse température des tôles de fer ne se fait que pour les minces épaisseurs.

Cependant, à l'Exposition de Vienne, MM. Jones et Langhns présentaient des tôles laminées à froid en assez forte épaisseur très régulière (2).

Le laminage à froid augmente la ténacité du métal au double de la valeur ordinaire, mais la ductilité peut disparaître complètement; et on conçoit que ces tôles d'emploi spécial ne sauraient convenir pour des pièces qu'il faut déformer à froid.

Laminoir à deux paires de cylindres dit à marche inverse.

« Le laminage des tôles fines et moyennes ne pouvant s'effectuer qu'à de faibles vitesses pour éviter l'échauffement des

(1) On adopte alors : 60 tours pour les tôles de 1^{mm} 1/2,
50 — — 1^{mm}
40 — — $0^{mm},75$
30 — — au-dessous.

(2) Annuaire 1874 : *Exposition de Vienne*, par M. Hippolyte Fontaine.

Digitized by Google

cylindres; d'un autre côté, la surface de refroidissement étant très grande, on ne parvient à donner aux feuilles minces les dimensions voulues, qu'en multipliant les réchauffages et les platinages. De là, les frais élevés de fabrication.

» Pour les réduire, il faudrait laminer promptement entre des cylindres à faible vitesse, de sorte qu'on puisse satisfaire à cette condition indispensable : conserver un parallélisme parfait des cylindres.

» Nous proposons l'étirage des tôles minces dans les deux sens. Les passages inverses sont ordinairement obtenus dans nos forges, soit au moyen d'une cage à trois cylindres, soit au moyen d'un train à mouvement alternatif. Ni l'un ni l'autre de ces laminoirs ne peuvent être utilisés au platinage des tôles minces, les cylindres du premier étant soumis à une dilatation inégale, ceux du second à des dérangements dans le montage par suite des modifications fréquentes dans le sens de la rotation.

» Afin de conserver aux cylindres un parallélisme parfait et de s'opposer à leur échauffement, l'étirage dans les deux sens ne pourra avoir lieu qu'au moyen de deux paires de cylindres animés d'un mouvement inverse.

» Le train de tôlerie à marche inverse *(fig. 7)* est établi sur ce principe. La figure fera comprendre parfaitement les dispositions que nous avons adoptées. Ce train de tôlerie satisfait complètement à la condition du parallélisme et ne présente dans son application aucune complication qui doive en faire retarder l'usage.

» On économisera plus de la moitié du temps employé dans les laminoirs ordinaires (1). »

Laminage continu ou semi-continu des tôles.

Les tôles minces peuvent aussi être laminées d'une façon continue ou semi-continue au moyen d'un train tel que

(1) Extrait de la *Revue universelle*, 1863. — *Fabrication de la tôle*, par Oscar Rongé

Digitized by Google

celui *figures 8* et *9* (1). Le train peut comporter un nombre indéterminé de cylindres, le métal subissant autant de passages qu'il y a de cylindres moins un dans le train.

Le laminage est alternativement horizontal et vertical.

Si on suppose le train formé de quatre cylindres, A, B, C, D, la feuille s'engage d'abord entre les cylindres A et B, et reçoit dans le sens horizontal un premier degré de laminage; puis, sans interruption, elle est dirigée, par un guide curviligne entre les deux cylindres B et C, où elle reçoit une deuxième réduction dans le sens vertical; ensuite, elle est conduite par un autre guide entre les cylindres C et D qui laminent à leur tour, et ainsi de suite, à travers les couples successifs de cylindres, qui, s'ils sont en nombre suffisant, terminent la feuille d'une façon continue. Ou bien, on fait repasser la tôle par les premiers cylindres A et B, et l'opération est alors semi-continue. Les cylindres sont convenablement réglés en vue des réductions à produire. On voit que les cylindres adjacents horizontaux sont à double action, ce qui impose la condition de donner la même vitesse à tous les cylindres, condition incompatible avec l'allongement de la pièce, à moins de la laisser se gondoler entre chaque paire de cylindres, ce qui ne saurait pratiquement se produire qu'avec de minces épaisseurs.

Il est préférable de placer les cylindres à la même hauteur et de former un train continu rectiligne qui permette de faire varier la vitesse des cylindres proportionnellement aux longueurs de tôle qui doivent y passer dans le même temps. Ou encore le train qui est finisseur peut être disposé comme *figures 10* et *11* (2). Les paires de cylindres sont à des niveaux différents. Entre la première et la deuxième paire se trouve une plate-forme pour guider la tôle au moment où elle sort de la première paire pour se rendre à la deuxième, et derrière celle-ci se trouve un guide courbe dirigeant la pièce vers la paire

(1) Brevet du 4 septembre 1866 à M. de la Martellière.

(2) Brevet du 27 septembre 1892 à M. Hervitt.

Digitized by Google

de cylindres supérieurs. On fait passer la tôle ou bande mince à diverses reprises suivant que le nécessite le métal.

Avec le train continu, les dégrossisseurs réduisent, par exemple, l'ébauche à une épaisseur de 5^{mm}, puis les cinq ou six paires de cylindres du continu l'amènent à 1 ou 2^{mm}. La longueur peut être de 50^{m} que l'on découpe en trois ou quatre tronçons qu'il convient de passer à un finisseur.

Ce procédé a l'avantage d'être rapide, de diminuer les chutes, les réchauffages et les pertes qu'ils entraînent.

Il a été aussi proposé de laminer d'une façon continue une virole ou manchon sans soudure avec un laminoir à deux cylindres et galets de soutien tels que ceux que nous indiquerons à la confection des viroles de chaudières.

La virole étant laminée à épaisseur voulue est sciée suivant une génératrice, puis développée à la machine à redresser. Ce procédé permet d'opérer à grande vitesse en une seule chaude ou en un petit nombre de chaudes. Il n'est pas appliqué; cependant, pour les métaux fondus dont les ébauches sont aisément obtenues, le laminage en virole serait avantageux, peut s'adapter à toutes épaisseurs (1) et ne nécessite pas, comme avec les trains multiples, une grande dépense pour l'installation, ni une forte puissance motrice.

Laminage des tôles à l'état liquide-pâteux.

Dès 1857, H. Bessemer cherchait à obtenir des tôles de longueur indéfinie, par la coulée directe du métal entre des cylindres lamineurs.

Il parvint à fabriquer une tôle d'un millimètre environ d'épaisseur et d'un mètre de longueur. Ce procédé ne fut pas appliqué industriellement à cette époque; mais, en ces dernières années, cette conception a donné lieu à quelques dispositions qui permettent de prévoir son succès.

(1) Ce procédé a été préconisé par M. Bonniard en 1865.

Digitized by Google

M. H. Bessemer a conçu le laminoir *(fig. 12)* (1). Les cylindres A et B, en fonte dure, sont creux et constamment refroidis par une circulation d'eau passant par les axes ou arbres des cylindres.

Ceux-ci ont un grand diamètre, $0^m,90$ à $1^m,20$ et plus. Ils présentent des collets retenant le métal sur les côtés. Le cylindre A peut se déplacer latéralement; ses paliers sont maintenus par des pistons hydrauliques, de manière que si la réaction du laminage est trop forte, ils reculent, ce qui donne lieu à une petite surépaisseur de la tôle qui disparaît au laminage ultérieur entre deux autres paires de cylindres CC′, DD′ qui servent de finisseurs.

Le métal contenu dans une poche E se déverse dans une trémie F *(fig. 13* et *14)* à garniture réfractaire, dont le fond est percé de trous de 6^{mm} de diamètre, qui distribuent le métal le long des cylindres dans une gouttière formée par le liquide lui-même, qui se solidifie au contact des parois.

La vitesse des cylindres doit correspondre au débit de la trémie.

Le métal entraîné sous forme de feuille est guidé à la sortie sur une couronne H qui dirige la feuille à travers les cylindres CC′, puis un deuxième guide I la dirige entre les cylindres DD′ qui la finissent.

Une cisaille J, disposée à l'avant des cylindres CC′, coupe les feuilles à longueur voulue.

On admet qu'un laminoir à cylindres de $1^m,20$ de diamètre sur $0^m,450$ de large, marchant à 4 tours par minute, débitant des feuilles de $2^{mm},5$ d'épaisseur, réduites en DD′ à $1^{mm},25$, fournirait par minute 100 tôles de $300 \times 450 \times 1,25$ et pesant 135^{kg}, soit une tonne en sept ou huit minutes. Le déchet est très réduit.

L'épaisseur qu'il est possible de donner aux tôles par ce pro-

(1) *Revue industrielle*, 7 novembre 1891, page 441.

Digitized by Google

cédé dépend de la dimension des cylindres. Avec des diamètres de 3^m à $3^m,50$, on produirait des tôles de 18 à 25^{mm} d'épaisseur et même plus. L'économie de ce procédé semble évidente : il supprime les frais de coulée en lingotières, ceux de réchauffage des lingots, une grande partie des frais de laminage ; on évite aussi les chutes des lingots. Cependant, le métal ne saurait acquérir les propriétés de résistance, de ductilité qu'il possède avec le procédé ordinaire. La difficulté est de bien régler l'écoulement du métal pour que celui-ci ne s'amasse pas trop dans l'espace situé au-dessus et entre les cylindres. Il convient de faire tourner les cylindres à une vitesse circonférentielle égale ou supérieure à celle du jet de métal fondu versé entre eux, de façon que le métal n'ait que peu ou point de tendance à se recueillir ou à s'amasser entre les cylindres.

Il faut aussi donner aux tables des outils une largeur suffisante plus grande que celle de la bande de tôle pour compenser toute légère variation du débit par des variations dans la largeur de la bande.

Les *figures 15* à *18* se rapportent à un laminoir opérant d'après ces conditions (1) et permettant de varier les épaisseurs à volonté.

Le métal liquide est versé dans un récipient R ayant une ouverture ou fente d'écoulement à son extrémité inférieure ou fond, directement au-dessus des cylindres CC′ et s'étendant parallèlement aux génératrices, de façon que le jet ou veine fluide coule tangentiellement aux deux cylindres refroidisseurs-lamineurs.

Pour régler la distance entre les cylindres lamineurs-refroidisseurs, rendre uniforme l'épaisseur de la tôle, chacun des cylindres est muni de collets qui se correspondent et qui sont en contact, de façon que la dilatation n'a pas d'influence sur la largeur de la cannelure.

---

(1) Brevet du 16 juillet 1889, à Norton et Hodgson.

Digitized by Google

Les cylindres présentent aussi deux petites gorges destinées à recueillir l'excès de métal dû à la variation du débit.

Ce sont les collets rapportés des cylindres qui règlent l'épaisseur de la tôle; ils sont rechangeables à volonté.

Au-dessous des cylindres C,C′ est établi un guide-tôle G courbé raccordant la direction verticale à une direction horizontale.

La tôle T passe immédiatement entre des cylindres finisseurs FF′ en nombre déterminé qui laminent et achèvent les tôles en épaisseur.

Les cylindres CC′ sont creux et une circulation d'eau les refroidit, les maintient à la température nécessaire pour solidifier le jet de métal qui s'écoule entre eux. A cet effet, les tourillons des cylindres sont creux, l'eau entre d'un côté et sort de l'autre. Pour faire dévier l'eau du milieu vers le pourtour intérieur de chaque cylindre, ainsi que pour consolider la paroi si la longueur de table est grande, une cloison médiane est disposée à l'intérieur et des ouvertures sont ménagées pour le passage de l'eau.

En faisant varier la vitesse des cylindres pour un même débit, l'épaisseur de la tôle varie inversement. Ordinairement, les cylindres tournent à une vitesse de $1^m,60$ à 3^m par seconde.

Le récipient R est chauffé par des brûleurs de gaz pour empêcher le métal de trop se refroidir.

Dans la pratique, on emploie deux creusets dont le remplissage de l'un s'effectue pendant l'écoulement du métal contenu dans l'autre.

On peut se servir des mêmes cylindres pour faire des feuilles de largeurs différentes en modifiant la largeur et l'épaisseur du flux de métal et la vitesse de rotation.

Feuilles pressées et coulées.

Un procédé primitif pour obtenir de petites feuilles de plomb. d'étain, de zinc, consiste à couler sur une pierre une petite uantité de métal et à l'étendre avec une autre pierre en faisant

Digitized by Google

pression. L'opération est rapide. Pour les longues bandes minces ou feuilles de longueur indéfinie, ce procédé s'est pour ainsi dire transformé dans l'application du laminoir recevant le métal liquide qui s'écoule entre les cylindres tournants en développant une feuille indéfinie.

Ce procédé ne saurait s'appliquer aux grandes dimensions, il faudrait des pressions excessivement puissantes pour comprimer le métal dès qu'il serait devenu solide.

Feuilles de plomb.

Les feuilles de plomb se sont laminées dès les premières applications du laminoir et cette fabrication a peu modifié sa méthode de travail.

Le plomb est coulé en tables de 1^m à 2^m de largeur, sur 2^m à 3^m de longueur et une épaisseur de 40 à 60^{mm}.

Le métal présente une quantité de soufflures ou de pores et des irrégularités d'épaisseur que le laminage à froid fait disparaître en resserrant les molécules, donnant du liant au métal et augmentant aussi sa malléabilité et sa ténacité.

Nous avons signalé dans la première partie les dispositions d'un laminoir à plomb. Les feuilles sont découpées à dimensions au moyen de cisailles circulaires, de scies mécaniques. On en forme des bandes plus ou moins larges et plus ou moins longues que l'on roule pour livrer au commerce. Pour les longues bandes dites plombs de couvreurs, le laminage continu serait avantageux en le combinant avec le laminage du métal à l'état liquide-pâteux.

Feuilles de plomb; procédé de compression et d'écoulement.

Les feuilles de plomb sont aussi obtenues par pression du métal à l'état liquide, pâteux ou solide, en le forçant à s'écouler par une orifice approprié. Cet orifice est rectangulaire ou annulaire, et, dans ce dernier cas, on obtient d'abord un tuyau qui, fendu et ouvert, se transforme en feuille.

Considérons la machine *figure 1, planche XXIV* (1). Dans un

Digitized by Google

cylindre de presse A se meut un piston B guidé par une tige centrale C rendue solidaire du cylindre au moyen d'une bride inférieure D. Sur la tête du piston B est rapporté le récipient E dans lequel on verse le métal. Sur E est monté un mandrin dont le diamètre intérieur correspond au diamètre extérieur du tuyau qui sera formé. Sur le guide central C se monte également un mandrin maintenu par bride dont le diamètre extérieur correspond au diamètre intérieur du tuyau. Le piston B étant au bas de sa course, le plomb (ou autre métal malléable) est versé dans l'espace annulaire du récipient où il se solidifie. Puis faisant remonter le piston B, le métal se trouve comprimé entre la tête supérieure de la tige C et le fond du récipient; il ne peut s'écouler que par l'ouverture ménagée entre les deux mandrins. Le tuyau est fendu par un couteau fixe et ouvert progressivement par un coin; il s'applique sur un tambour guide et passe par deux cylindres lamineurs qui régularisent sa forme plane. La feuille s'enroule ensuite sur un rouleau.

Feuilles de plomb découpées.

Les minces feuilles de plomb s'obtiennent aussi par le procédé de découpage d'un long et large copeau à l'aide d'un outil tranchant, dans un cylindre de plomb animé d'un mouvement de rotation continu. L'épaisseur est réglée à volonté, et peut être très réduite.

Le plomb est coulé en coquille autour d'un arbre creux de manière à pouvoir y faire passer un courant d'eau froide produisant la solidification rapide du centre; solidification qui se propage vers le pourtour en donnant ainsi un métal bien homogène, que l'on peut, de plus, soumettre à une pression énergique pendant le refroidissement.

La machine à découper (*fig.* 2 et 3) (2) comprend un arbre A monté sur paliers et recevant un mouvement de rotation con-

(1) Brevet Weems. (*Encyclopédie Roret*, PLOMBIER.)

(2) Brevet Wimshurst. (*Encyclopédie Roret*, PLOMBIER.)

Digitized by Google

tinu produit par engrenages, vis sans fin et cône-poulie D. Le couteau C, solidaire d'un chariot mobile transversalement, découpe le métal P, en avançant à mesure que le diamètre du cylindre diminue. Le mouvement transversal est produit par la vis du chariot actionnée par des mécanismes comprenant la roue R, la vis R', l'arbre E relié à un intermédiaire I et à l'arbre A par les courroies F et G.

La feuille est enroulée sur un cylindre.

Ce procédé est très économique et s'applique principalement à la fabrication des papiers de plomb ou d'étain.

Pour la fabrication des feuilles de plomb découpées dans un bloc, il convient de couler le métal dans un moule permettant de le soumettre à une forte compression au moment où il commence à se solidifier. Le plomb est ainsi plus homogène, plus tenace et plus dense.

Les *figures 4* et *5* représentent la disposition d'un moule cylindrique A' soumis à l'action d'un plongeur B de presse hydraulique C.

Pour enlever la masse de métal, on enlève le fond D et le plongeur chasse la pièce.

Le bloc A est ensuite monté sur la machine *(fig. 6)*, qui lui imprime un mouvement de rotation pendant qu'une ou plusieurs feuilles continues d'épaisseurs déterminées sont enlevées au moyen de lames tranchantes L disposées de manière à s'avancer progressivement vers l'axe du cylindre, à mesure que ce dernier tourne, la commande se faisant par courroie, cône-poulie, vis sans fin et engrenage.

Il convient de faire passer les feuilles entre deux cylindres EE qui lissent la surface. De là elles s'enroulent sur deux tambours (1).

Les blocs peuvent être prismatiques et les feuilles débitées par un rabot.

(1) Brevet du 30 juin 1879 à M. Jones.

Digitized by Google

Tôles de cuivre.

Le métal fondu raffiné est coulé dans des moules de fer. Dès que la solidification est complète, le gâteau est livré au laminoir dégrossisseur où on lui fait subir un certain nombre de passes.

Puis les feuilles ébauchées sont réchauffées au four et passent aux cylindres finisseurs. On les plonge dans un bain de décapage; les ondulations des feuilles minces sont régularisées avec une tape de bois sur aire plane; ensuite elles sont découpées à la cisaille aux dimensions voulues.

Les plaques destinées à des feuilles minces sont brossées au balai dans des lavoirs et visitées au grattoir pour enlever les pailles qui s'y trouvent.

Ensuite, elles sont laminées à froid en paquets ou trousses en les superposant deux à deux, puis quatre à quatre, six à six, etc., jusqu'à ce qu'on ait obtenu l'épaisseur désirée.

Avec les procédés électrolytiques on obtient des plaques très homogènes. La cathode est constituée par un mandrin creux d'environ 2^m de longueur, $0^m,80$ à 1^m de diamètre plongé dans la cuve et animé d'un mouvement de rotation lent. La densité du courant employé varie de 150 à 300 ampères par mètre carré. Afin d'assurer l'homogénéité du métal, des jets d'électrolyse sont constamment projetés sur la virole en formation. Lorsque l'épaisseur est d'environ 25^{mm}, la virole est fendue suivant une génératrice; puis, enlevée du mandrin, elle est développée et livrée au laminoir.

Le laminage continu de la virole pourrait, de préférence, être appliqué.

Feuilles de zinc, de laiton et d'aluminium.

Les modifications des propriétés physiques du zinc, du laiton et de l'aluminium à diverses températures rendent le lami-

Digitized by Google

nage difficile (1). Il ne peut guère se faire qu'à basse température.

Pour le zinc, les gâteaux, coulés dans des lingotières en fonte, sont de poids déterminés pour une ou deux plaques si elles doivent être minces. Après dégrossissage, la feuille est dans ce dernier cas coupée en deux et régularisée. On admet un déchet de 1/3 à 1/5 pour les rognures.

Les plaques ont ordinairement $0^m,80$ de longueur sur $0^m,30$ de largeur, une épaisseur maximum de $0^m,030$. Dès que le refroidissement atteint à la température de 150°, ce que l'on constate par expérience en jetant quelques gouttes d'eau sur le lingot, celui-ci est dégrossi dans le sens de la largeur de la feuille à obtenir. On a soin de graisser les cylindres pour éviter l'adhérence du zinc et son enroulement.

Les plaques sont passées, isolément d'abord, puis deux à deux, de façon à avoir une largeur dépassant de $0^m,15$ à $0^m,20$ la largeur des feuilles à produire. On les introduit entre les cylindres, le plus large côté en avant, de sorte que la platine ou plaque dégrossie ait environ une largeur égale à la longueur du lingot.

Le diamètre des cylindres dégrossisseurs varie de $0^m,50$ à $0^m,60$; la longueur est de 1^m à $1^m,25$, la vitesse est de vingt-cinq à trente tours. On utilise ordinairement les vieux cylindres de finissage.

La vitesse est faible, afin d'éviter l'échauffement du zinc au-dessus de 150°, température qui correspond au maximum de ductilité.

Les platines sont rognées, découpées suivant les dimensions proportionnées au poids des feuilles; la longueur un peu majorée est égale à la largeur finale à produire au finissage.

Les plaques, réunies en paquets de 100 à 125^{kg}, sont recuites dans des fours spéciaux, puis livrées aux cylindres finisseurs.

Le paquet est divisé en deux ou trois parties que l'on fait

(1) Les premiers essais de laminage du zinc datent de 1805 (Charles Sylvestre, Charles Hobson), Mosselman (1830) et la Société de la Vieille-Montagne 1837) ont donné les premières grandes quantités de zinc au commerce.

Digitized by Google

passer séparément et que l'on réunit ensuite pour continuer le laminage.

Les rattrapeurs renvoient les feuilles par groupes partiels, de manière à changer constamment la position relative des feuilles, que l'on enduit de suif pour prévenir l'adhérence.

Le changement de position assure une égale répartition de la chaleur due au laminage, empêche les ondulations, les bosses et les longueurs trop inégales.

Les ondulations se produisent particulièrement quand la température des paquets diffère en largeur; elles sont difficiles à faire disparaître; elles s'accusent surtout si les feuilles sont minces.

Le finissage, en moyenne épaisseur, d'un paquet de 100^{kg} se fait en une quinzaine de minutes.

Le laminoir duo est du type ordinaire.

Les cylindres dont le diamètre est de $0^{m},60$ tournent à 30 ou 40 tours au plus. Ils doivent être bien ajustés et très réguliers, à surface polie et rodée au plus près.

Lorsque les cylindres s'échauffent trop, on les rafraîchit à l'eau de manière à ne pas laminer au-dessus de 150°.

Les feuilles sont ensuite découpées aux dimensions commerciales, par une cisaille à guillotine dont la table est pourvue de guides mobiles à volonté, assurant la régularité et la rapidité de l'opération.

Dans le laminage du zinc, il faut tenir compte de la variation de sa ductilité avec son état physique, sa structure cristalline, sa température.

La dureté que le métal acquiert par la transformation d'un lingot en feuille sous le laminoir, disparaît par le recuit à basse température, le grain de la structure conservant la finesse acquise par le laminage.

Si, au contraire, on chauffe la feuille à un degré voisin du point de fusion, elle devient, que le refroidissement se fasse vite ou lentement, extrêmement cassante. Avant d'avoir été

Digitized by Google

chauffée à ce point, la feuille, quand on la cintre sur elle-même en sens contraire, ne fait pas entendre de craquement; mais lorsqu'elle l'a été, on distingue ce bruit dû probablement à la rupture des cristaux qui se sont reproduits, en soumettant le métal à une température inférieure même à celle de son point de fusion.

Pour le laiton, suivant sa teneur en zinc, on suit à peu près les mêmes procédés de laminage à basse température en ayant soin de recuire le métal dès qu'il est trop écroui.

L'aluminium donne aussi lieu à des précautions particulières. Il peut se laminer à chaud et à froid sans qu'il soit nécessaire de le recuire après un plus ou moins grand nombre de passes.

Il convient de recuire dès que le métal accuse de la raideur. Les plaques de forte épaisseur sont laminées à une température voisine de 300°, qui est la plus convenable.

L'aluminium perd plus rapidement sa ductilité sous les cylindres que le cuivre et le laiton. Le métal doit être coulé, pas trop chaud, dans des lingotières en fer recouvertes. Avant le laminage les gâteaux sont visités et débarrassés de leurs irrégularités ou défauts. Les premières passes à chaud sont assez fortes afin de détruire la structure cristalline. On recuit après chaque passe jusqu'à ce que la feuille soit réduite à une épaisseur d'environ 3^{mm}. Les réductions ultérieures sont faites avec ou sans quelques recuits. La température de recuit doit correspondre à celle qui détermine un dégagement de fumée lorsqu'on applique sur la pièce la pointe d'un morceau de bois dur.

Le recuit doit se faire dans un moufle ou four fermé pour éviter le contact direct de la flamme. Plus le laminage approche de sa fin, moins la température du recuit doit être élevée. La ductilité et la malléabilité sont encore augmentées en chauffant, puis en refroidissant brusquement le métal dans un courant d'eau froide. Ce moyen s'applique particulièrement à l'aluminium ferreux difficile à laminer.

Digitized by Google

Les cylindres doivent être à la température de 100 à 150°, que l'on refroidit, s'il y a lieu, à l'eau froide.

Parfois, on projette sur les cylindres de la chaux en poudre. Il faut se garder de les graisser.

Tôles de petite, de moyenne et de forte épaisseur, en fer et acier.

Les tôles de fer et d'acier de 1^{mm} à 5^{mm} peuvent être considérées comme de petite épaisseur; celles de 5^{mm} à 15^{mm}, comme de moyenne épaisseur, et celles de 15^{mm} à 40^{mm} sont dites de forte épaisseur.

Ces tôles se façonnent une à la fois en partant de paquets ou de lingots que l'on soumet à un martelage soudant le paquet ou resserrant le lingot. Ou bien l'ébauche est préparée au laminoir à cannelures, puis livrée au laminoir à tôles; parfois, le lingot n'est pas ébauché et, dans ce cas, les premières passes de laminage régularisent les dimensions pour ensuite déterminer l'étirage proprement dit. L'emploi de la presse pour la régularisation du lingot avec un certain étirage est avantageux. Si le lingot correspond à plusieurs tôles on le débite en tronçons; ou mieux, on étire d'un seul tenant que l'on découpe ensuite à la cisaille en longueurs déterminées. Il y a ainsi moins de déchets d'abouts et le travail est plus rapide.

On fabrique aujourd'hui des tôles de chaudières ou autres de plus de 30^{mm} (1) d'épaisseur, 2 à 3^{m} de largeur, 10 à 15^{m} de longueur pesant 4.000 à $5,000^{kg}$ et plus.

Il faut des laminoirs de grande puissance.

Le nombre de passages est plus ou moins élevé suivant les dimensions.

Les tôles formées de paquets soudés présentent moins d'homogénéité que les tôles de fer fondu provenant d'un lingot.

Souvent, pour masquer une partie des défauts, les premières

(1) Certaines chaudières marines exigent 40^{mm} d'épaisseur, 3^{m} de largeur, 6^{m} de longueur. Actuellement, la plupart des grandes forges sont outillées pour laminer des largeurs de 3^{m}.

Digitized by Google

sont formées de deux feuilles superposées que l'on soude en laminant sur un ou deux réchauffages au blanc soudant. Ces tôles présentent des défauts de soudure que l'on réduit autant que possible en recouvrant les faces soudées d'un fondant que le laminoir expulse.

Tôles d'acier ou de fer fondu.

Les tôles de fer fondu ou d'acier ont pour point de départ ordinaire un lingot méplat dont le poids est égal à celui de la tôle augmenté de celui des déchets et des rognures (5 à 10 0/0).

Les dimensions des lingots sont en rapport avec celles de la tôle, de manière à ne pas donner lieu à un corroyage trop prononcé, mais cependant suffisant.

On adopte pour les tôles de

6^{mm} 8^{mm} à 15^{mm} d'épaisseur

des lingots plats (1) de

$0^{m},10$ $0^{m},15$ à $0^{m},25$ —

pour les tôles de

20^{mm} 30^{mm} à 35^{mm} —

les lingots ont

$0^{m},30$ $0^{m},40$ à $0^{m},45$ d'épaisseur

Leur longueur, chutes enlevées, est un peu inférieure à la largeur de la tôle, car on a soin au début du laminage de présenter le lingot dans les deux sens. Les chutes sont ordinairement de 25 0/0 pour la tête et de 5 0/0 pour le bas du lingot.

Ces lingots se laminent à des températures variant entre 1300 et 1000 ou 900°, ce qui nécessite, soit de puissants laminoirs pour opérer en une ou deux chaudes, soit un plus grand nombre de réchauffages (2).

On cherche, autant que possible, à opérer en une seule chaude.

(1) Ce qui facilite le réchauffage et le laminage.

(2) Avec un lingot de $0^{m},10$ d'épaisseur, on obtient souvent d'une seule chaude le laminage d'une tôle moyenne dont l'épaisseur varie de $0^{m},005$ à $0^{m},010$, et la tôle est encore rouge après le dernier passage.

Digitized by Google

Pour cela, il faut que le lingot soit bien chauffé à cœur et que le laminoir permette de donner de fortes réductions qui ont le

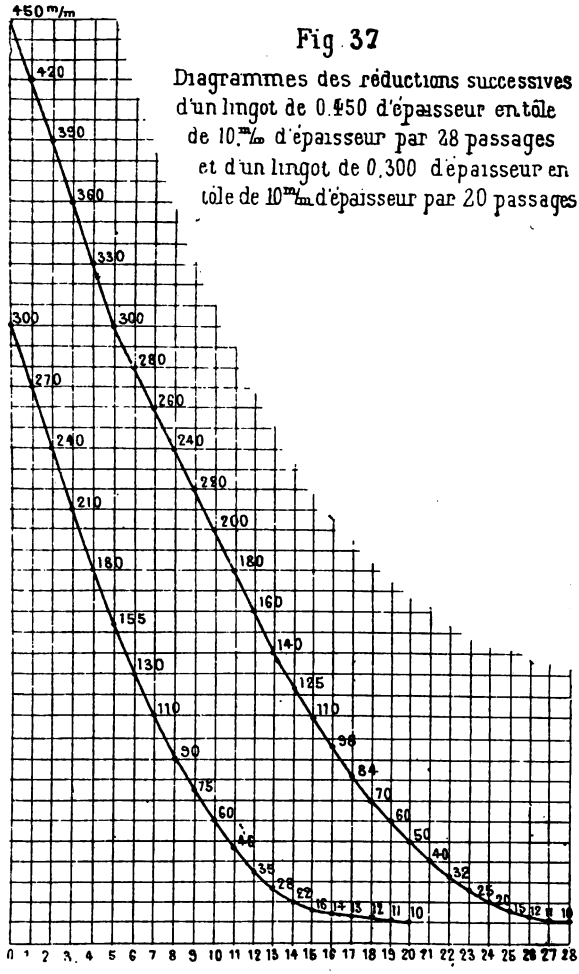


Fig. 37

Diagrammes des réductions successives d'un lingot de 0.450 d'épaisseur en tôle de 10 m/m d'épaisseur par 28 passages et d'un lingot de 0.300 d'épaisseur en tôle de 10 m/m d'épaisseur par 20 passages

grand avantage, surtout au début du laminage, de réchauffer le métal, par suite de la déformation prononcée qu'il subit.

Le chef lamineur cherche toujours à donner le plus de pres-

Digitized by Google

sion possible dès le début, afin de serrer à cœur et de chasser les impuretés.

Si le chauffage n'est pas suffisant, on réchauffe après le premier dégrossissage, soit à la suite de quatre à cinq passages.

Un bon chauffeur arrive généralement, quel que soit le volume du lingot, à le porter à la température convenable pour le réduire en tôle en une chaude.

Cependant, il ne faut pas perdre de vue que plus les passages sont nombreux, meilleure est le plus souvent la qualité de la tôle.

Si, par exemple, on lamine un lingot de $0^{m},45$ d'épaisseur, $0^{m},80$ de largeur, pesant de 5.000 à 6.000^{kg}, on passe d'abord quatre ou cinq fois avec une réduction de 30^{mm} à chaque passage; puis on fait faire demi-tour au lingot (en terme de lamineur on passe sur la largeur) pour obtenir la largeur demandée (ordinairement $2^{m},200$ à $2^{m},400$), ce qui exige cinq ou six passages avec une pression de 25 et 20^{mm}.

Après nouveau demi-tour on lamine sur longueur : trois ou quatre passages avec une réduction de 15^{mm} en moyenne; trois ou quatre fois sur réduction moyenne de 10^{mm}, puis six à sept fois sur réduction de 4 à 5^{mm}, et enfin quelques passages de finissage avec des réductions de $0^{mm},5$ à 1^{mm}.

Le lingot peut ainsi être réduit à une épaisseur de 15^{mm} ou moins (voir diagrammes *fig. 37*).

Les tôles courantes pour chaudières, avec épaisseur de 8 à 10^{mm}, sont obtenues en prenant des lingots d'environ 1000^{kg}, et une épaisseur de $0^{m},25$ qu'on lamine d'une façon analogue en douze à quinze passages.

Pour prévenir l'incrustation des battitures, obtenir les surfaces aussi nettes que possible, on a soin de balayer constamla tôle pendant le laminage.

Paquets pour tôles de fer soudé.

Les tôles communes sont obtenues en employant des fers ébauchés mis en paquet avec mises croisées. Ces tôles présen-

Digitized by Google

tent des lignes de joint à la surface, des défauts que l'on atténue en partie en adoptant des couvertes couvrant partiellement ou entièrement le paquet.

Souvent ces couvertes sont en corroyé, le nombre de joints étant réduit au minimum. On obtient ainsi des tôles de belle apparence extérieure.

Parfois, le paquet est formé de largets de même largeur que le paquet, soit de mises de $0^m,020$ à $0^m,030$ d'épaisseur, de $0^m,18$ à $0^m,30$ de largeur, de $1^m,20$ à $1^m,40$ de longueur.

Pour les tôles de bonne qualité, on augmente la proportion de corroyé et afin d'assurer de bonnes soudures aux joints intérieurs, les mises d'ébauché ou de corroyé sont à section trapézoïdale donnant lieu sur leurs faces de champ à des pressions qui les soudent lors de leur passage dans les cannelures soudeuses. Les paquets sont encore constitués par des riblons, des mises et des couvertes.

Les tôles fortes de grandes dimensions pesant plus de 1000^{kg} exigent des paquets entièrement composés de corroyé. Les mises ont une largeur égale à celle du paquet, une épaisseur de $0^m,030$ à $0^m,050$, leur longueur est un peu inférieure ou supérieure à la largeur de la tôle à obtenir; la largeur de ces paquets atteint et dépasse 1^m.

On adopte aussi pour les grosses tôles de fer des paquets formés par des mises ondulées donnant d'excellentes soudures prévenant les dédoublures.

Le poids des paquets est déterminé en tenant compte d'un déchet de 10 à 15 0/0 pour les tôles jusqu'à 200^{kg}. Les paquets de poids supérieur donnent des déchets variables de 15 à 20 0/0 et 25 0/0.

La crainte que la tôle ne soit de dimensions trop faibles porte à augmenter le poids du paquet qui doit tenir compte des rognures, d'autant plus considérables que la tôle est plus longue par rapport à sa largeur.

Il convient de tenir la hauteur du paquet aussi grande que

Digitized by Google

possible pour assurer de meilleures soudures et un plus fort étirage donnant de plus belles surfaces et une plus grande homogénéité. Cette hauteur peut varier de $0^m,29$ à $0^m,40$ et plus, suivant que le paquet est soudé en cannelures ou entre cylindres lisses, ce dernier mode d'opérer s'imposant pour les gros paquets au-dessus de 1000^{kg}.

Les autres dimensions varient avec le poids de la tôle et aussi avec le moyen employé pour le soudage et le premier corroyage.

Si le paquet est martelé, la section est rectangulaire, à côtés différant peu, la longueur étant suffisante pour manier le paquet aisément. Suivant l'importance de la masse à souder, on emploie des pilons de 5 à 10^t.

Si le paquet est laminé en cannelures, la longueur doit être aussi réduite que possible, pour permettre des passages en nombre suffisant avant d'atteindre une longueur peu supérieure, ou même inférieure à la largeur de la tôle, afin que l'on puisse, au train à tôle, passer l'ébauche dans les deux sens à diverses reprises et obtenir de cette manière la largeur voulue. Le métal étant porté à une haute température et comprimé énergiquement sous l'action de laminoirs puissants, s'il existe dans l'intérieur de la masse des cavités, des scories localisées, elles disparaissent. Il reste souvent à ces endroits quelques non-soudures ; mais si l'étirage a été suffisant, le défaut ne s'étend que sur quelques points d'une minime étendue, il ne présente aucun inconvénient grave.

Suivant la grosseur du paquet et la puissance des laminoirs, les tôles sont obtenues par une, deux ou trois chaudes. Une première chaude sert à souder au marteau et à ébaucher ; une deuxième, qu'il convient de considérer comme encore soudante, le fer étant porté au blanc, correspond à l'étirage prononcé et souvent à l'achèvement de la tôle. Lorsque la feuille est trop froide pour arriver à la terminer, on la réchauffe de nouveau au four et généralement une quatrième chaude ne sera pas nécessaire, si ce n'est pour recuire le métal au rouge sombre et dresser la tôle avec des maillets s'il y a lieu.

Digitized by Google

Le rognage des grosses tôles se fait à la cisaille, dont la puissance est en rapport avec l'épaisseur et la longueur à couper.

Les cisailles à grosses tôles sont généralement actionnées par moteur direct et présentent une table de grandes dimensions pour l'appui de la pièce.

Les tôles présentent toujours des inégalités d'épaisseur du milieu aux bords que l'on ne saurait faire disparaître avec les laminoirs ordinaires. Ces différences sont admises avec une tolérance qui varie selon l'épaisseur.

Lorsqu'il s'agit d'un lot de tôles supérieur à 10, on admet ordinairement une tolérance de 3 0/0 en plus ou en moins sur les poids théoriques. Pour une seule tôle la tolérance s'élève à 5 0/0 jusqu'à 2^{m} de largeur et à 8 0/0 pour les largeurs supérieures à 2^{m}. La tolérance en plus ou en moins sur la largeur indiquée est de 5^{mm}; sur la longueur il est admis 10^{mm}.

Dressage des tôles.

Les tôles doivent être laminées suivant une épaisseur aussi uniforme que possible et les deux faces ne doivent présenter ni cavités, ni pailles, ni aucune autre défectuosité.

Après avoir été coupées aux dimensions voulues, les tôles sont recuites et sont ensuite parfaitement planées et dégauchies avec des maillets sur un tas de fonte.

On voit facilement, à la seule inspection des surfaces et des arêtes des bords, si une tôle a été recuite ou non.

Si une tôle gondole vers son milieu, il faut allonger ses bords; si les bords sont gondolés, il faut allonger le milieu. Le tôlier opère à la chasse à l'endroit qui lui paraît le plus convenable et allonge la tôle partout où cela est nécessaire, ce qui nécessite souvent un travail fatigant. Si une bosse est localisée, la chasse refoule le métal. Le dressage se fait beaucoup plus rapidement et plus sûrement avec une machine à dresser à rouleaux multiples, telle que celles que nous avons indiquées dans la première partie de cette étude.

Digitized by Google

Pour les tôles de chaudières, les rouleaux sont disposés de façon à donner une faible courbure (d'autant plus faible que la tôle est plus épaisse) à la tôle entre chaque rouleau.

En réglant convenablement la position des rouleaux supérieurs, on réussit à dresser les tôles presque complètement en deux ou trois passages alternatifs.

Après avoir subi ce dressage, il reste peu de chose à faire à l'ouvrier dresseur.

La machine fait disparaître les bosses et les creux; elle accuse les points où le gauche prend son origine, qui, le plus souvent se trouve vers les extrémités, de sorte que l'ouvrier voit, de suite, où il doit appliquer la chasse à dresser; tandis que sans la machine, il peut lui arriver de marteler pendant des heures avant d'obtenir un dressage complet.

La machine à dresser agit très efficacement quand la tôle est gondolée dans le milieu, en allongeant les bords et comprimant le milieu dans de bonnes conditions.

Train pour tôles.

Un train de tôlerie comprend ordinairement deux cages à cylindres bios ou duos lisses, à releveurs mécaniques pour les fortes dimensions.

Les *figures 7* et *8*, *planche XXIV*, se rapportent à un train de ce genre (1) dont les cylindres diffèrent peu en dimensions, mais les finisseurs sont plus durs, étant trempés en coquille. Souvent on se contente d'une seule paire de cylindres servant à dégrossir et à finir; dans ce cas, les cylindres s'échauffent beaucoup et il n'est pas prudent, lorsqu'ils sont trempés, de les refroidir en les arrosant; on est obligé de faire des arrêts.

Dans ce genre de laminoirs, le cylindre supérieur est équilibré pour éviter, après la sortie de la pièce, qu'il ne tombe librement sur le cylindre inférieur d'une hauteur égale à la

(1) Train installé à Seraing.

Digitized by Google

levée. A cet effet, il est supporté par des paliers reliés à des traverses et tiges sollicitées par des leviers armés de contrepoids.

A chaque passage le cylindre supérieur est serré fortement sur la feuille, jusqu'à ce qu'elle soit à l'épaisseur voulue. Le laminage précis des épaisseurs est difficile, on constate ordinairement des variations qui atteignent 1 à 2^{mm} et parfois plus.

Un train à tôles comporte parfois une paire d'ébaucheurs et une paire de finisseurs ; on emploie aussi le trio.

Pour le serrage des paquets de grande largeur, de même que pour les gros lingots, le laminoir à quatre cylindres, ou le laminoir différentiel, est d'un usage rationnel. Il permet de bien dresser les bords longitudinaux et de donner des pressions latérales favorables aux soudures des mises.

Il convient surtout pour les longues tôles de faible largeur, les larges plats (certains se laminent aux dimensions : $60^m \times 0^m,50 \times 0^m,020$), qui se prêtent au laminage réversible ou alternatif. Dans ce dernier cas, le laminoir doit être à six cylindres; deux horizontaux et deux paires de verticaux, une de chaque côté.

Les *figures 1* et 2, *planche XXV* (1), se rapportent à une ancienne disposition d'un laminoir à tôles, à quatre cylindres. Les cylindres horizontaux ont $2^m,50$ de table et $0^m,75$ de diamètre ; les cylindres verticaux ont $0^m,50$ de diamètre et $0^m,50$ de table.

Suivant la dimension des paquets et tôles, la vitesse des cylindres horizontaux varie entre trente et soixante tours par minute. La vitesse des cylindres verticaux concorde avec celle des cylindres horizontaux.

---

(1) *Revue universelle des Mines*, 1863. — *Fabrication de la tôle*, par Osc. Rongé. Article très documenté sur le travail des tôles en Belgique et qui attribue la première application du laminoir universel vers 1854 en Westphalie. N'était pas encore appliqué en Belgique en 1863.

Digitized by Google

Laminoir universel de Bealey et Adams.

Pour les larges plats, le laminoir universel du type *figures 3, 4* et *5, planche XXV* (1), présente des dispositions permettant le déplacement facile des cylindres verticaux B par la manœuvre de volants-manivelles montés sur les vis E *(fig. 5)*, dont le mouvement est transmis à chaque vis inférieure correspondante E′ par des pignons F solidaires des écrous des vis E′. Pour les grosses pièces, des barres-guides sont disposées entre les cages C sur les deux faces du laminoir, au sommet comme à la base.

Les *figures 6, 7* et *8* montrent la disposition adoptée pour un trio. Les vis de commande des doubles cylindres verticaux B sont actionnées simultanément par chaque volant de manœuvre et par un train de roues dentées reliant entre elles quatre vis qui supportent la poussée latérale, laquelle se trouve ainsi répartie dans de bonnes conditions, en vue d'éviter la flexion des arbres portant les cylindres BB.

Les cylindres à grosses tôles ont un diamètre qui varie de $0^m,50$ à $0^m,80$, une longueur de $1^m,50$ à $3^m,30$; une levée de $0^m,30$ à $0^m,50$.

La vitesse est de trente à soixante tours par minute.

La vitesse est plus grande pour les feuilles longues et étroites que pour les feuilles larges.

Les trains pour fortes tôles de construction récente sont le plus souvent réversibles par le changement de marche du moteur, qui développe plusieurs milliers de chevaux.

Laminoir à deux paires de cylindres à mouvements inverses.

Afin de supprimer le relevage et le changement de marche, le laminoir *(fig. 9 à 12)* (2) comprend deux paires de cylindres

(1) Laminoir Bealey et Adams. Brevet du 29 juillet 1889.

(2) Laminoir des forges de L'Horme, par Delay (Brevet du 29 mars 1876).

Digitized by Google

tournant en sens contraire, la tôle étant successivement laminée par la paire n° 1, puis par la paire n° 2.

Les cylindres inférieurs s'équilibrent l'un l'autre au moyen de leviers à couteaux qui les relient.

Les cylindres de chaque paire sont reliés de telle façon que si l'un d'eux monte, l'autre descend.

L'écartement des cylindres étant réglé, on fait appuyer le cylindre inférieur sur une large cale ou coin plat. Par suite de leur solidarité, les cylindres ne peuvent plus se déplacer.

Deux tables guidées reçoivent la tôle de chaque côté à la sortie des cylindres et la présentent à tour de rôle à chaque duo. Pour le passage de la table, les cylindres de l'autre duo s'écartent. Les tables sont actionnées par des pistons à vapeur.

Trio à tôles.

Le laminoir trio appliqué aux tôles peut comporter les dispositions *figure 1* à *4*, *planche XXVI* (1).

« La *figure 1* représente une coupe verticale par les cylindres et les tabliers releveurs; la *figure 2*, une vue en plan et sa section; la *figure 3*, une vue partielle à échelle triple montrant plus clairement la construction des rouleaux des tabliers; la *figure 4*, une section verticale par les cages montrant comment s'effectuent le levage et l'abaissement du cylindre moyen.

» Les cylindres A, B, C forment un trio Lauth dont les cylindres inférieur et supérieur sont commandés, le cylindre moyen étant libre. DD′ sont deux tabliers situés des deux côtés des cylindres; ils sont, à leurs extrémités extérieures, supportés par des pivots horizontaux, de manière à permettre à leurs extrémités intérieures, adjacentes aux cylindres, de s'élever ou de s'abaisser autant qu'il est nécessaire. Ces mouvements des tables DD′ sont effectués par un cylindre hydraulique E et

(1) Train breveté par Samuel Welman, superintendant de l'Otis Steel C°. Installé à l'usine Otis, à Claveland, à l'usine Spr ingfield et aux usines Spang Park Cros et Schœnberger, toutes trois près de Pittsburg.

Digitized by Google

un piston E′ *(fig. 1)*, reliées par l'intermédiaire des tiges *aa′* à pivot, des leviers-manivelles *bb′* et des tiges verticales *cc′* aux extrémités intérieures libres des tables DD′. Il est visible que le mouvement en dehors du piston E′ fait lever les deux tables DD′ à la fois et avec elles le lingot ou la plaque jusqu'au niveau supérieur du cylindre moyen. Les tables DD′ sont pourvues d'une série de rouleaux *dd′* qui tournent tous ensemble vers l'arrière ou vers l'avant, suivant que les tables sont élevées ou abaissées et que la plaque se déplace dans le premier sens ou dans le second. Ce mouvement alternatif leur est donné par le moteur à vapeur reversing F *(fig. 2)* et des transmissions appropriées dont l'arrangement est assez compliqué, à cause de la nécessité de maintenir l'embrayage, quelle que soit la position des tabliers. Voici en quoi consiste cette disposition : F′ est un arbre qui reçoit son mouvement du moteur reversing. Cet arbre est muni à chacune de ses extrémités de pignons angulaires *ee′* engrenant avec les pignons e^2,e^3 calés aux bouts des arbres GG′ *(fig. 2)*. Les arbres GG′ *(fig. 1)*, par l'intermédiaire des pignons *ff′*, des roues *gg′* et des pignons *hh′*, transmettent le mouvement aux arbres HH′ solidaires des tabliers.

A leur tour, ces arbres, par les pignons d'angle *ii′* *(fig. 2)* et *jj′*, font tourner les arbres de couche II′. Ceux-ci sont munis d'un nombre convenable de pignons d'angle engrenant avec les pignons *kk′* des arbres JJ′. Enfin les pignons *ll′* calés sur les arbres JJ′ *(fig. 2)* donnent le mouvement aux pignons *m* fixés sur chaque arbre de rouleaux *(fig. 1, 2* et *3)*. Comme on le voit, grâce à la transmission *fgh*, où *f* est fixe et *h* mobile avec le tablier, on peut mettre en mouvement dans les deux sens les rouleaux *dd′* durant ou après la levée ou la descente des tabliers DD′.

Outre ces mouvements des tabliers et des rouleaux, le train comporte un troisième mouvement accessoire : en effet, quand les tables DD′ sont abaissées, il faut élever le cylindre moyen

Digitized by Google

B pour fournir l'espace nécessaire au passage de la plaque laminée et, réciproquement, quand les tables DD′ sont relevées, il faut abaisser le cylindre moyen. Ce mouvement est donné au cylindre B par le cylindre hydraulique K et le piston K′ (*fig. 4*), lequel est rattaché aux empoises du cylindre B par l'intermédiaire des organes *n*, *oo′* et *pp′*. Quand le piston K′ se déplace vers le dehors, le cylindre B se lève et quand il reprend sa position normale, le cylindre B redescend.

La vapeur ou l'eau qui font mouvoir les pistons des cylindres F et K, sont fournies par un robinet à quatre voies L (*fig. 2*) : *r* est le tuyau correspondant au cylindre E, *r′* est celui correspondant au cylindre K; *s* communique avec le générateur ou réservoir, *s′* avec le tuyau de décharge. On voit que l'admission du fluide moteur au cylindre E coïncide avec l'émission du cylindre K et réciproquement; il en résulte que les tabliers DD montent quand le cylindre moyen B descend et *vice versa*.

Pour le serrage des cylindres A, B, C, il y a deux vis MM′ *fig. 4*) qui tournent dans des écrous filetés à la partie supérieure des cages et dont les bouts inférieurs s'appuient sur les coussinets du cylindre supérieur. Elles sont reliées à l'arbre N, mû à l'aide du volant O par les pignons *tt′* et *uu′*; l'un des pignons *u* est calé invariablement sur l'arbre N, l'autre *u′* peut tourner sur lui grâce à un mécanisme non figuré; de sorte qu'en tournant une clef, on peut faire descendre ou monter l'une des vis M′ indépendamment de l'autre M.

Cette disposition permet de rappeler la différence d'usure qui peut exister entre les deux montants de la cage. Souvent le serrage des cylindres est effectué par une machine à vapeur à deux cylindres située au sommet de la cage.

Pour contre-balancer le cylindre supérieur A et le tenir appuyé contre les vis MM′, on a ménagé dans le sous-sol des poids XX′ qui agissent sur les faces inférieures des coussinets des cylindres, par l'intermédiaire des leviers *xx′* et des tiges verticales *yy′*.

Digitized by Google

» Les organes destinés à manipuler et retourner les plaques sur les tabliers sont visibles *(fig. 1)*. Ils consistent en leviers P disposés en nombre convenable de chaque côté de la pièce laminée. Ces leviers, manœuvrés à la main, sont suspendus près de leur point d'action par des chaînes ou des tiges *ww'*, dont les extrémités supérieures sont fixées de manière à supporter le poids de la tôle et à permettre une rotation horizontale. Un tel système d'attache est représenté *(fig. 1)* à droite. Si l'appareil doit soulever la tôle en même temps que la tourner, on fixe les bouts supérieurs des chaînes au piston d'un cylindre vertical R *(fig. 1)* à gauche, fixé lui-même à un pivot au-dessus du tablier.

» Les rouleaux *dd'* des tables DD' *(fig. 3)* sont formés d'un certain nombre de roues de même diamètre, placées sur un arbre à peu de distance l'une de l'autre. Cette série de rouleaux est plus légère et économique qu'un rouleau plein.

» Ce type de train à tôles jouit d'un grand succès aux États-Unis. Après en avoir décrit les détails, nous donnons quelques renseignements sur sa marche dans différents usines.

» A Claveland, où il a été d'abord installé, il est attelé à un moteur Porter-Allen à grande vitesse, dont l'unique cylindre horizontal a 40″ de diamètre, 48″ de course et fait 100 révolutions, avec une pression de vapeur de 80 lbs (5atm et demi); le nombre de chevaux indiqués varie entre 1100 et 1200. Les cylindres lamineurs ont 112″ (112 pouces) de long, avec des diamètres de 31″ et de 23″; la trempe a une épaisseur de plus de 1″. Les cylindres supérieurs et inférieurs tournent à 67 révolutions; l'arbre de la machine les attaque par un petit pignon entre deux plus grands situés sur leurs axes.

Les tôles sont balayées par une mutitude de jets d'eau sous pression, qui enlèvent les écailles et fournissent de belles surfaces.

Ce traitement a aussi pour effet de raidir les tôles.

Les lingots sont chauffés dans trois fours; ils ne sont ni

Digitized by Google

martelés ni bloomés et le laminage se fait en une seule chaude et à une seule cage de cylindres. Cependant, certaines tôles, à cause de leur faible épaisseur et de leur développement, doivent subir deux chaudes. Ce train de Claveland a laminé 125^{t} de tôles en dix heures.

» Le train de Springfield, mis en opération en 1883, ne diffère que légèrement du précédent. . . . . .

» Les deux tabliers à rouleaux ont chacun 3^{m} de long; ils reçoivent le lingot et ne l'abandonnent qu'après achèvement complet du laminage; ils permettent de fabriquer des tôles très lourdes, tout en procurant une grande économie de main-d'œuvre. Le laminage terminé, l'extrémité d'une de ces tables s'incline vers le refroidissoir. Celui-ci consiste en une série de boîtes en fonte remplies d'eau qui les tient fraîches; elles sont munies de couvercles assemblés librement. Les tôles reposent sur les couvercles et deviennent parfaitement droites et planes en refroidissant. Ce refroidissoir a plus de 4^{m} de long : les tôles sont enlevées latéralement par des engins hydrauliques et placées en un point où elles peuvent être accumulées. De là, elles sont reprises par une grue hydraulique et sont, soit distribuées sur le sol où se fait le traçage qui précède le cisaillage, soit portées directement aux cisailles.

» Ces cisailles sont une curiosité. Elles pèsent plus de 70^{t} et sont assez puissantes pour couper en une fois un morceau d'acier de 100″ de long sur 1′14″ d'épaisseur (1). »

En vue de prévenir, dans les trios, la détérioration rapide du cylindre médian et aussi pour permettre de donner des pressions plus fortes que lorsque ce cylindre est seulement entraîné par le frottement de la pièce, on dispose les organes de manière que le cylindre médian vienne en contact alternativement avec les cylindres supérieur et inférieur. Il s'ensuit que le frottement qui se développe entre la pièce et l'un des cylindres extrêmes

(1) (Extrait de la *Fabrication de l'acier sur sole*, par Jules Freson. (*Revue universelle des Mines*, tome XX, 1886, 2e semestre.)

Digitized by Google

et celui entre les deux cylindres en contact, concourent tous deux à l'entraînement.

Le cylindre du milieu peut être fixe, les déplacements verticaux sont donnés aux deux autres cylindres qui sont seuls commandés (1).

La Société des Aciéries de Longwy a adopté la combinaison suivante (2) *(fig. 2, pl. XXVI)*.

Le cylindre supérieur n'est pas équilibré; il est retenu par les vis de pression E qui règlent l'écartement des cylindres. A cet effet une traverse D repose sur un collet de chaque vis; deux tiges de suspension relient cette traverse à l'empoise correspondante. Des ressorts R sont disposés entre les écrous des tiges et la traverse; ils ont pour but d'éviter un trop fort serrage tout en évitant de laisser du jeu entre l'empoise et la vis, jeu qui déterminerait un choc à chaque passage.

Le cylindre du milieu B, qui parcourt à chaque passage sa distance entre le cylindre supérieur ou celle entre le cylindre inférieur, est équilibré par deux pistons G à pression hydraulique placés chacun sous une flasque du bâti.

Le cylindre inférieur C est fixe; il prend appuis sur les cages. Des tabliers à rouleaux commandés donnent à la pièce le mouvement d'avance pour la présenter aux cylindres ou pour la recevoir à la sortie.

Les tabliers sont supportés par des leviers L calés sur des arbres horizontaux. L'un de ces arbres porte à une extrémité un levier en relation avec un appareil à vapeur ou hydraulique qui détermine le monte et baisse des tabliers équilibrés par des contrepoids N placés sur le côté. Le mouvement de rotation des rouleaux dans un sens ou dans l'autre est donné par un petit moteur réversible dont l'arbre O′ est supporté par des paliers ménagés dans les bâtis longitudinaux MM′.

(1) Cette disposition a fait l'objet d'un brevet, en date du 17 mars 1892, à M. Thomas.

(2) Brevet du 16 juin 1892.

Digitized by Google

Cet arbre de transmission porte une roue P engrenant avec une roue intermédiaire Q. Les axes de ces deux engrenages sont reliés par deux bielles *d*, qui maintiennent la distance des centres. La roue Q engrène avec le pignon R dont l'arbre est fixé au tablier et qui suit le mouvement ascensionnel de celui-ci. La roue et le pignon sont également reliés par deux bielles *c* qui maintiennent la distance de leurs centres.

Dans toutes les positions que le tablier peut prendre, soit levée oblique, soit levée verticale, l'engrènement se fait et la transmission est assurée par un pignon conique S qui transmet le mouvement à un arbre T, qui le transmet à son tour par pignons coniques *f* à des arbres *n* placés en dessous des rouleaux. Ces arbres portent des petits engrenages droits *g* qui commandent ceux des rouleaux.

Afin d'éviter qu'à la sortie, dans le laminage, entre le cylindre supérieur et le médian, l'extrémité de la tôle ne vienne buter sur l'avant du tablier releveur, des tables sont fixées sur les empoises du cylindre médian, de manière qu'elles suivent le mouvement vertical de ce cylindre. Sur ces tables sont disposés, à volonté, des guides ou gardes recevant d'abord la pièce.

Ces dispositions sont également adoptées dans le laminoir *(fig. 1* et *2, pl. XXVII)* pour plaques de forte épaisseur devant être laminées sur quatre faces, ou pour des larges plats dont la largeur doit être régulière.

De chaque côté des cylindres horizontaux sont placés deux cylindres verticaux UV, XY, dont le mouvement de rotation est pris sur la cage à pignons *(fig. 3* et *4)*. Ces cylindres permettent de laminer le champ à volonté, soit à l'entrée, soit à la sortie, dans le passage inférieur ou dans le passage supérieur. A cet effet, la commande est faite par une roue intermédiaire *i* qui engrène, d'une part, avec une denture *k* placée sur le pignon supérieur *z* et, d'autre part, avec un pignon *l'* calé sur chacun des arbres de transmission horizontaux placés au-dessous des

Digitized by Google

colonnes. Ces deux arbres sont commandés l'un par l'autre au moyen des deux engrenages *mm'*, placés à l'extérieur des colonnes.

Par suite de cette combinaison, les engrenages coniques commandant les cylindres verticaux impriment à ceux-ci un mouvement de rotation, dont le sens correspond avec l'entrée ou la sortie dans les cylindres horizontaux, et les cylindres verticaux sont placés suivant le besoin de laminer avant ou après le passage, car la roue intermédiaire peut être placée à droite ou à gauche à volonté. Les *figures 3* et *4* montrent le train des deux laminoirs dont les quelques dispositions nouvelles constituent un ensemble complet bien combiné.

Tôles courbes.

Une feuille laminée se gondole d'un côté, si de ce côté le métal est plus en abondance, ou si les cylindres sont plus rapprochés, ce qui réduit l'épaisseur et augmente la longueur, de telle sorte que la feuille supposée rectangulaire prend une courbure plus ou moins accusée en forme de segment annulaire.

C'est le procédé employé pour la fabrication de tôles à profil courbe qui constitue le développement de surfaces tronconiques à inclinaison de génératrice ordinairement peu prononcée.

Un autre procédé, pour obtenir de telles tôles, consiste à faire varier la vitesse en adoptant des cylindres coniques et une pression égale sur toute la longueur des cylindres.

Le premier procédé a l'inconvénient de donner à la tôle une épaisseur plus forte vers le petit côté du développement, tandis qu'avec le second l'épaisseur est plus uniforme.

Le premier procédé est adopté pour donner aux tôles rondes ou disques circulaires une épaisseur plus faible au pourtour que vers le centre, ce qui est utile lorsque ces pièces doivent subir ultérieurement un emboutissage qui a pour effet de rétablir une épaisseur uniforme.

Lorsqu'une tôle rectangulaire doit voir une épaisseur diffé-

Digitized by Google

rente sur deux parties de sa longueur, on achève le laminage, en interposant successivement plusieurs plaques de tôles ou cales d'épaisseur progressive sur la partie dont l'épaisseur est réduite.

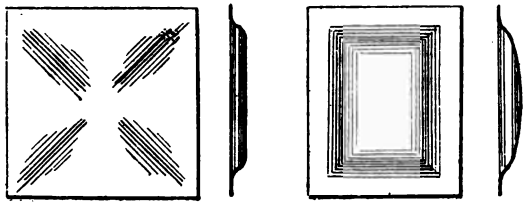
L'opération se fait en quatre ou cinq passages de réduction. Ainsi une tôle de cuivre réchauffée est réduite en un ou deux passages de l'épaisseur de 32 à 35^{mm}, puis par cales d'épaisseurs égales à 4, 7, 9 et 10^{mm}, la moitié de la tôle a son épaisseur réduite à 15^{mm}. Ces tôles reçoivent des applications dans les plaques tubulaires des chaudières de locomotives.

Pour les tôles circulaires, dont le diamètre atteint 3^{m} et plus, le cylindre supérieur étant disposé obliquement, on présente la pièce un grand nombre de fois, dans des positions relatives différentes, de sorte que toutes les parties formant des secteurs soient soumises à l'action oblique réduisant l'épaisseur du centre au pourtour.

Tôles embouties.

Les tôles embouties *(fig. 38* et *39)* pour les parois de wagons à marchandises, pour les platelages des tabliers de ponts, pour les parois de certains bâtiments, etc., sont d'abord cisaillées à froid à longueur et largeur voulues, puis chauffées au rouge

Fig. 38 et 39



dans un four; elles sont embouties dans des formes correspondantes soumises à l'action d'un pilon ou mieux d'une presse dont la pression s'exerce jusqu'au refroidissement au rouge sombre.

Digitized by Google

Feuilles de métal cannelées ou ondulées.

Les tôles présentant des cannelures ou des ondulations *(fig. 40)* sont le plus souvent de petite épaisseur. Elles sont depuis un certain nombre d'années employées pour la couverture des charpentes, pour tabliers de ponts. Les tôles en fer sont galvanisées pour les préserver de l'oxydation; les tôles minces sont en zinc. On adopte aussi des tôles de fer ou d'acier doux ondulées pour la confection des parois de chaudières à vapeur; elles ont été préconisées dans ces dernières années comme présentant plus de rigidité et facilitant le jeu des dilatations.

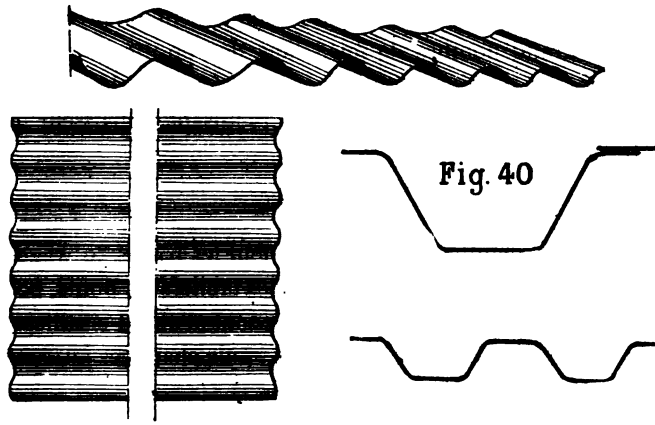


Fig. 40

Les feuilles minces sont cannelées à froid à la presse, entre étampes ou au laminoir. Les feuilles d'épaisseur moyenne sont ondulées par laminage à chaud.

Les feuilles minces de grande largeur exigent une presse mécanique assez forte, telle que celle *figure 41*.

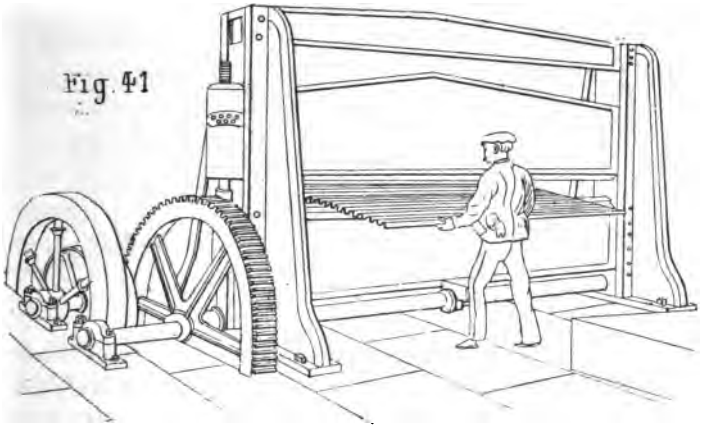
La tôle étant placée sur une sous-étampe fixée à la table de la machine, la traverse supérieure munie du dessus d'étampe s'abaisse et forme une cannelure.

La première cannelure étant placée dans un creux correspondant supplémentaire de la sous-étampe, ce qui constitue un

Digitized by Google

guide, une traverse auxiliaire vient presser la feuille et la maintient pendant que l'estampe proprement dite produit la deuxième cannelure. L'opération se fait ainsi successivement sans développer dans le métal des flexions et tractions anormales pouvant produire des déchirures; néanmoins le métal doit être ductile.

La traverse principale est convenablement guidée dans les flasques du bâti. Elle est reliée de chaque côté à des bielles



articulées aux manivelles ou excentriques de l'arbre inférieur qui reçoit l'action motrice par engrenages.

Les fortes machines ont de 4 à 5^{m} de longueur de traverse; elles battent vingt coups par minute.

La régularité laissant souvent à désirer, les tôles passent dans un laminoir finisseur *(fig. 42)* qui peut aussi être employé pour produire directement l'ondulage des feuilles. L'opération entre cylindres cannelés longitudinalement est beaucoup plus rapide qu'à la presse ordinaire à action intermittente. On peut, d'ailleurs, considérer les cylindres comme une presse à action continue.

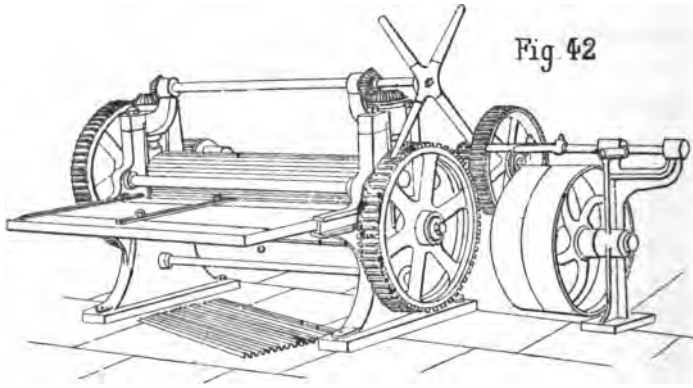
La tôle passant entre les cylindres, les cannelures se produisent progressivement.

Digitized by Google

Le cylindre supérieur est déplaçable verticalement de manière à pouvoir varier à volonté la grandeur de l'onde.

Suivant que les ondes sont droites ou sinueuses, les cylindres présentent des cannelures correspondantes.

Afin de bien assurer la position relative des outils, ceux-ci sont reliés par des roues d'engrenage qui ont aussi



l'avantage de mettre en jeu l'adhérence des deux cylindres pour obtenir l'entraînement au début lorsque la déformation est faible. Les cylindres doivent être d'assez gros diamètre pour limiter leur flexion au minimum, sinon les tôles gauchissent, tendent à prendre une vitesse plus grand au milieu que vers les bords ce qui détermine des déchirures. Pour éviter ces effets, on serait conduit à donner aux cylindres une courbure correspondant à la déformation de l'axe de manière à ne presser fortement la tôle que vers les bords.

Cintrage des feuilles à petites ondes.

Les feuilles cannelées sont quelquefois cintrées, par exemple, pour les couvertures de charpentes courbes, pour des voûtelettes.

On emploie, pour le cintrage de ces feuilles, une machine à trois cylindres (*fig. 1* et *2*, *pl. XXVIII*) analogue à celles pour tôles ordinaires. Il n'y a que les cylindres qui, au lieu

Digitized by Google

d'être lisses, sont cannelés. Deux des cylindres saisissent la tôle, le troisième détermine la pression pour la courbure. Cette machine sert aussi à rectifier les ondes obtenues à la presse. Il faut avoir soin d'introduire les tôles perpendiculairement à l'axe des rouleaux afin d'éviter le gauche. Lorsqu'on cintre une série de tôles de même épaisseur et de même courbure, on repère la position des rouleaux pour le dernier passage.

Tôles à grandes ondes.

Les tôles à grandes ondes sont d'abord ébauchées dans un laminoir *(fig. 3* et *4)* en opérant à chaud si l'épaisseur de la feuille est supérieure à 2^{mm}. Les cylindres sont cannelés longitudinalement.

Elles sont ensuite achevées dans un laminoir finisseur en opérant à froid ou à chaud. Ce laminoir *(fig. 5* et *6)* est à deux cylindres à gorges et bourrelets reliés par engrenages.

De chaque côté, à l'avant et à l'arrière des cylindres, sont disposés deux rouleaux pour supporter la feuille à rectifier et la cintrer au besoin. Les feuilles pour les tabliers de pont ont de $1^{m},50$ à $2^{m},50$ de longueur, $0^{m},50$ à $1^{m},20$ de largeur et une épaisseur de $0^{m},004$ à $0^{m},006$.

Machines à onduler les tôles à disques mobiles.

Quand les ondulations des tôles sont très prononcées, il convient d'employer une machine à disques mobiles telle que celle *figures 7* à *10*, comprenant un rouleau A inférieur ne pouvant se déplacer verticalement. Sur ce rouleau sont montés les disques D, se rapprochant ou s'éloignant à volonté au moyen de vis dont les pas sont variables, si les vis possèdent un mouvement de rotation de même vitesse. Pendant l'opération, les disques se rapprochent afin de resserrer les ondes.

Le rouleau supérieur B est également muni de disques C se déplaçant longitudinalement par l'action des vis qui les commandent. Ce rouleau est mobile verticalement pour produire

Digitized by Google

la pression nécessaire et former les ondes. Celles-ci se font progressivement en plusieurs passages de la tôle. Pendant les mouvements des rouleaux dans les deux sens de la rotation. les vis des disques possèdent un mouvement de rotation de même sens, qui les rapproche. Lorsque les tôles doivent être cintrées, la machine est pourvue *(fig. 8)* de rouleaux FF également à disques, disposés de chaque côté des rouleaux entraîneurs (1).

Les tôles cannelées longitudinalement peuvent encore provenir de lingots ou de loupes, de plaques préparées avec ou sans nervures, selon la section à produire par le laminage, et d'une longueur correspondant à la largeur de la tôle terminée. Les ébauches sont transformées au laminoir *(fig. 11, 12* et *13)* (2) comportant des cylindres à rainures et collets.

De chaque côté des cylindres est disposée une plaque P guidant la tôle, s'opposant à tout déplacement transversal. Cette plaque porte des nervures qui correspondent à celles à former dans la tôle.

Les cannelures se font progressivement par passages successifs ; le cylindre supérieur, mobile à volonté, produit la pression.

Tôles nervurées.

Les tôles à nervures (3) en cuivre, fer ou acier, à paroi plane d'un côté *(fig. 43)*, sont ébauchées ou coulées avec saillies convenables, puis elles sont dégrossies et étirées au laminoir entre cylindres dont l'un est lisse et l'autre à cannelures de forme. Ces tôles trouve nt leur emploi dans les parois planes des chaudières, les ponts, réservoirs, planchers, cloisons, carlingues, plateaux de presse à tourteaux, etc. Les nervures peuvent exister sur les deux côtés. Au laminage il convient de ménager du métal du côté opposé aux nervures afin de nourrir

(1) Brevet du 8 mars 1882 à M. Bachmeyer et Cie.

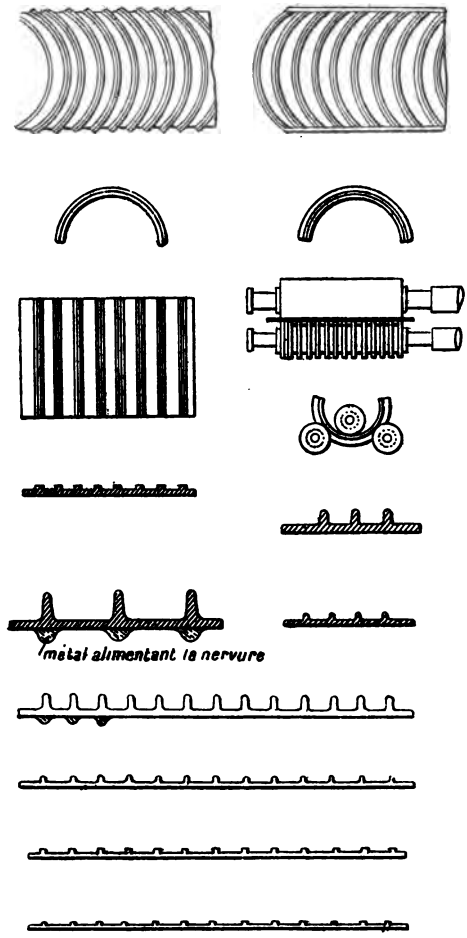
(2) Laminoir Ellis. Brevet du 19 juillet 1887.

(3) Ces tôles ont été brevetées par M. Bazin le 12 juillet 1867.

Digitized by Google

celles-ci pendant l'opération, obtenir un étirage sans entraînement trop grand produisant des déchirures.

Fig. 43 Tôles nervurées



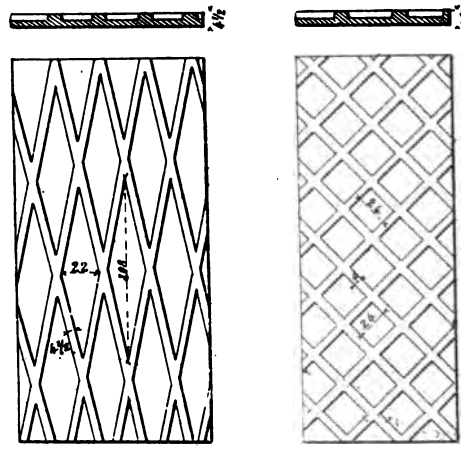
Tôles striées.

Ces tôles ont ordinairement une surface lisse, l'autre présente des rainures entre-croisées dites stries, de peu de profon-

Digitized by Google

deur, que l'on forme immédiatement à la sortie de cylindres préparateurs, alors que la tôle est encore rouge, par un passage entre deux cylindres finisseurs, dont l'un est lisse, en dessous, le cylindre supérieur portant en creux et reliefs les empreintes à donner à la face de dessus de la tôle *(fig. 44)*.

Fig 44



Comme il faut que les stries soient faites par un seul passage, le pression est forte. Les stries des cylindres se font comme des vis sur le tour.

Tôles ondulées tirées.

Lorsque les cannelures sont de forme arbitraire et s'étendent sur de longues feuilles de faible largeur relative, elles sont obtenues au banc à tirer *(fig. 14)*, entre deux plaques mandrins dont on règle l'écartement à volonté. Ces plaques-filières sont rechangeables dans le châssis qui les maintient et l'on obtient toutes formes voulues.

La pièce est placée suivant la diagonale afin que, pour une

Digitized by Google

même largeur de cadre, on obtienne des longueurs de développement dans une limite plus grande.

La feuille attachée au chariot solidaire d'une crémaillère est entraînée en actionnant le volant manivelle à main.

Ce procédé ne s'applique qu'aux feuilles de mince épaisseur. Pour les épaisseurs plus fortes, il serait plus dispendieux que le procédé de laminage.

Bandes cannelées par pliage.

Notons aussi que les cannelures de feuilles étroites sont encore obtenues par le procédé de pliage en opérant successivement chaque pli et lui donnant l'angle sur mandrins variés au moyen de machines à plier.

Taillanderie, outillerie, coutellerie, ferronnerie.

La taillanderie comprend les divers outils tranchants pour le travail des matières terreuses, les bois, les pierres, les cuirs.

La fabrication des anciens ateliers de taillanderie consistait en haches, pioches, pelles, fourches, outils de labourage, ferrures diverses, etc.

Ces objets étaient ordinairement exécutés par des ouvriers spéciaux, dont les petits ateliers étaient installés dans les centres où les forges à fer donnaient, dans de bonnes conditions, un métal de qualités spéciales propres à un bon forgeage.

Aujourd'hui, la plupart de ces articles se sont perfectionnés, multipliés et se font mécaniquement par les procédés de matriçage ou de laminage, ce qui permet d'obtenir une fabrication rapide capable de satisfaire aux besoins toujours plus grands de l'industrie. C'est l'Amérique qui fabrique particulièrement les outils et instruments agricoles tels que fourches, pelles, par les procédés rapides de laminage et peut ainsi livrer quantité de ces objets à toutes les nations.

Digitized by Google

Des usines importantes se sont développées et mettent en œuvre un tonnage de métal considérable. Il en est de même du forgeage des pièces de ferronnerie, de la coutellerie, de la clouterie et autres spécialités qui appliquent le métal forgé et qui comportent des fabrications très intéressantes, mais dont nous ne pouvons signaler que quelques-uns des procédés suivis.

Pelles et bêches martelées.

Le procédé ordinaire pour confectionner une pelle consiste à employer une semelle de fer ou d'acier ou de métal mixte, que l'on resserre d'un bout *(fig. 1* et *2, pl. XXIX)*, pour former la douille recevant le manche de l'outil. Cette amorce élargie, on étend l'autre partie de l'outil *(fig. 3)* en ménageant une côte de renforcement au milieu du côté du manche. Cette première façon se fait au marteau mécanique à grande vitesse afin de ne pas multiplier les chaudes.

C'est ainsi que s'obtiennent les ébauches que livrent les forges sans achèvement telles que celles *figure 4*. Le pourtour est régularisé à la cisaille ou à la meule.

Le complément de façon pour arriver à la forme définitive *(fig. 5)* se fait, soit par martelage, soit plus rapidement par emboutissage du corps de la pelle; la douille est envirolée sur mandrin au marteau, puis le trou est poinçonné.

Les pelles sont ou non trempées légèrement si elles sont en acier platiné ou en tôle d'acier.

Les pelles de fer à extrémité aciérée sont trempées vers le tranchant.

La confection d'une bêche à extrémité aciérée par la méthode ordinaire comporte :

L'étirage de la semelle au milieu de sa longueur par martelage au martinet;

L'ébauchage des deux extrémités suivant les formes *figure 6*;

Le repliage des deux parties l'une sur l'autre *(fig. 7)*, avec

Digitized by Google

introduction du coin d'acier préparé, en lui donnant une largeur un peu supérieure à celle de l'ébauche.

Le soudage et l'étirage des parties ainsi juxtaposées jusqu'à la naissance de la douille;

Le perçage des languettes de la douille;

L'écartement et le virolage des deux languettes *(fig. 8)*.

Comme opérations auxiliaires d'achèvement, la bêche est rognée, meulée et munie ou non de bourrelets d'appui du pied.

Lorsque la pelle comporte des parties évidées *(fig. 9)*, celles-ci sont obtenues par défonçage à la machine.

Bêches et pelles laminées.

Le procédé de martelage pour la confection des bêches et des pelles est long et coûteux, en même temps qu'il présente de grandes difficultés dans l'obtention de cet outil sans défauts ou irrégularités.

Il est plus facile de les obtenir par laminage de bandes de fer, ou d'acier, ou de métal mixte, préparées au laminoir ordinaire ou au marteau à des dimensions demandées par l'outil.

Ces barres chauffées sont ensuite passées entre deux cylindres *(fig. 10* et *11)* (1), dont l'un ou l'autre porte l'empreinte de la pelle C, en sorte que la barre est transformée en ébauches comme *figure 12*.

La douille, la côte et les bords de l'outil se présentent tout formés; le fer se trouve régularisé par le cylindre qui, dans son empreinte, laisse la matière où la solidité le réclame. Il suffit après de couper les ébauches et de les achever, soit à la main, soit à la machine.

L'empreinte de la pièce est gravée sur des bagues rechangeables à volonté; la bague présente un nombre de pièces aliquote de son pourtour.

(1) Laminoir par M. Limousin. Brevet du 7 novembre 1864.

Digitized by Google

Un autre procédé consiste à laminer des bidons d'acier fondu ou puddlé en longues bandes (1). L'un des cylindres de laminoir porte une empreinte formant une nervure au milieu en vue de former la côte renforçant la pelle *(fig. 13)*.

La bande est découpée en tronçons que l'on réchauffe et que l'on fait passer à plusieurs reprises dans un laminoir dont l'un des cylindres est excentré et efface la côte sur une certaine longueur. Puis la pièce est découpée suivant *figure 14*, à la défonceuse, par un outil de forme correspondante.

La pelle est ensuite emboutie à chaud à la presse ou au mouton dans des étampes.

Il ne reste plus qu'à enviroler les deux ailes comme *figure 15* pour former la douille, ce qui achève l'outil à la forge. Les petites irrégularités sont enlevées à la meule, qui lui donne aussi la dernière façon s'il y a lieu.

Laminoir trio pour pelles.

Le laminoir trio *(fig. 16 à 18)* pour pelles est combiné de manière à utiliser l'un des cylindres comme entraîneur avec disposition le forçant, aussitôt la pièce engagée, à prendre la position convenable. Ainsi pour laminer les pelles à nervures *(fig. 20)*, il est nécessaire, pour arriver au degré d'épaisseur variable, de les faire passer à plusieurs reprises entre les cylindres, sans cela on n'arriverait pas à atteindre sans défauts la différence de force de la nervure avec les autres parties.

Pour ne pas écraser la saillie à la première passe, il faut que le métal soit au même contact déterminé sur toute la circonférence du cylindre. Pour cela, le cylindre A, tournant à 50 tours, est commandé et B est entraîné par des engrenages ; le cylindre C est indépendant et se déplace verticalement; il est équilibré par des contrepoids.

L'écartement du cylindre inférieur et de celui du milieu est

(1) Brevet Jackson et Cie, 11 mars 1865.

Digitized by Google

à peu près de 3^{mm}; celui entre B et C est d'environ $1^{mm},5$.

Sur le contour des cylindres sont les empreintes formant les nervures de la pelle.

La tôle destinée à la fabrication des pelles de $6^{mm},5$ d'épaisseur doit être découpée presque de la même longueur, de la même largeur et du même poids que la pelle finie. Après chauffage de la pièce, on la fait passer entre les cylindres A et C. Derrière le laminoir, un aide la prend et la fait passer entre B et C; aussitôt ces passages, le contrepoids ramène le cylindre C dans son ancienne position relative et se trouve prêt pour un nouveau laminage.

Après le premier passage de la plaque, celle-ci se trouve laminée à 3 et à 6^{mm} d'épaisseur au milieu. Après le deuxième passage, elle a $1^{mm},5$ et 5^{mm} au milieu; elle affecte alors la forme *figure 19*; ensuite on la porte sous la presse à estamper *(fig. 22* et *23)*, pour y former la patte destinée à recevoir le manche. La *figure 21* représente la pelle finie, la douille étant envirolée au mandrin.

Outils à douille sans soudure (1).

Les outils à douille sans soudure comportent le façonnage de la lame, de la tige, côte et douille, avec un morceau de fer ou d'acier méplat *(fig. 24)* amené à la forme *figure 25*, épaulée en matrices au pilon ou à la presse, puis à la forme *figure 26*.

La queue est fendue *(fig. 27)* sur une certaine longueur et les parties rabattues *(fig. 28)*. La pièce passe à la matrice de manière à présenter une rondelle *(fig. 29* et *30)* de diamètre et d'épaisseur proportionnés à la douille à obtenir et au centre de laquelle se trouve une cavité correspondant au fond de cette douille.

L'ébauche est encore obtenue, lorsqu'il s'agit d'une douille

(1) Brevet de Mme Batelot du 30 août 1888.

Digitized by Google

fermée, en épaulant une tête cylindrique *(fig. 31)*, laquelle, chauffée, puis fixée sur une enclume spéciale de pilon ou d'une presse, reçoit l'action d'un poinçon *(fig. 32)* pratiquant une cavité destinée à donner par des opérations ultérieures le vide de la douille.

S'il s'agit d'une ébauche de douille ouverte, la tige de l'outil est étampée suivant un renflement cylindrique *(fig. 33)*. Ainsi préparée et chauffée, elle est présentée sous un poinçon *(fig. 34)* qui la perce de part en part.

Ébauche d'outils à tête creuse.

Un morceau de fer ou d'acier méplat *(fig. 35)* est amené en matrices à la forme *figure 36*, comprenant une tête cylindrique; un poinçon perce la tête *(fig. 37* et *38)* de manière que la partie devant donner la lame de l'outil porte une cavité conique qui produira la côte creuse, en ayant soin que le platinage de la lame soit pratiqué de façon à laisser invariable la position du côté supérieur par rapport à la douille.

Outils à godet.

L'ébauche se prépare comme *figures 24* à *30*, avec tête surmontée d'une portion méplate *(fig. 39)*, qui, fendue, donne les éléments des deux gardes *(fig. 40)*, que l'on étire; puis on prépare comme précédemment la rondelle *(fig. 41* et *42)*.

Dans le cas de la douille *(fig. 31* et *32)*, la tête cylindrique porte également une partie méplate *(fig. 43)*, qui, fendue, donne les éléments des deux gardes ou clavettes. Celles-ci sont étirées *(fig. 44)*, puis écartées; après quoi la préparation de l'ébauche se continue *(fig. 45)*.

Outils à côte creuse.

La pièce est préparée comme ci-dessus, puis les gardes sont étirées et écartées; ensuite a lieu le poinçonnage de la douille *(fig. 46)*.

Digitized by Google

Achèvement de la douille.

L'ébauche de douille sans soudure ainsi obtenue est achevée, suivant le cas, comme suit :

Pour l'ébauche *figures 24* à *30*, un emboutissage à chaud *(fig. 47* et *48)* force la rondelle à prendre la forme cylindrique en passant au travers un mandrin. Une opération analogue au travers une ou plusieurs bagues de diamètres gradués amène la douille à la dimension et à l'épaisseur voulues.

Si la douille est conique ou ovale, le poinçon affecte cette forme que l'on peut achever sur mandrin et en étampes.

Les douilles terminées soit par emboutissage, soit par étampage au pilon, l'outil est platiné ou laminé, puis rogné et achevé par les procédés ordinaires.

L'outil à côte creuse tel que la bêche-louchet est fait en partant d'un morceau de fer ou d'acier méplat *(fig. 49)* amené successivement aux façons *figures 50* et *51*, puis elle est mise par platinage ou laminage aux dimensions finales *(fig. 52)*. La fente est alors ouverte doucement par l'introduction à petits coups d'un mandrin terminé en langue de chat; ensuite la pièce est placée sous un pilon dans des matrices à mâchoires *(fig. 54)* qui serrent énergiquement les parties voisines de la côte. Dans cette position, un poinçon est enfoncé avec force pour donner à la douille et à la partie de la côte creuse leur forme définitive *(fig. 55)*. Le mandrin-poinçon est enfoncé par l'action d'une came réglée de manière qu'il s'enfonce dans la pièce comme doit s'y enfoncer le manche.

L'ébauche est enfin parée, soit au martinet, soit au laminoir, débarrassée de ses bavures, rognée et achevée comme *figures 56*, *57* et *58*. Ce procédé est de beaucoup préférable à ceux qui consistent à obtenir l'ébauche de la bêche soit par martelage ou laminage, soit par superposition de deux platines de tôle rivées ou soudées ensemble. Les ébauches pour les divers autres outils similaires à douille fermée ou

Digitized by Google

même ouverte peuvent être également obtenues par ces procédés.

Les ébauches de pioches *(fig. 59)* sont le plus souvent préparées par laminage des barres avec parties profilées renflées obtenues dans le dernier passage au moyen du laminoir à cannelures et à empreintes *(fig. 60* et *61)* (1), dont les cylindres sont disposés pour recevoir des bagues de rechange appropriées aux dimensions finales de la pièce.

Les ébauches étant coupées à longueur déterminée, de part et d'autre du renflement, elles sont réchauffées, puis poinçonnées au pilon ou à la presse.

La bavure de poinçonnage est ensuite enlevée à froid au moyen d'une bavureuse *(fig. 62* et *63)*, comprenant une matrice F et un poinçon H ou mandrin défonceur qui est monté sur une chasse D convenablement guidée et actionnée au marteau. Il ne reste plus qu'à terminer les pointes et l'aciérage des extrémités que l'on trempe.

Quelquefois, pour utiliser les déchets, on soude un paquet en matrices *(fig. 64* et *65)*, le marteau R forçant le métal à épouser la forme N de l'ébauche.

Fourches.

Les fourches se fabriquent industriellement par matriçage ou par laminage, d'une seule pièce et sans soudure, quel que soit le nombre de dents.

Dans le premier cas, le morceau d'acier constituant la pièce de départ *(fig. 66)* est chauffé, puis estampé au pilon comme *figure 67* dans les matrices *figures 68* et *69*, qui dégagent la partie pour former la douille du manche.

Placée, sans réchauffage, dans les matrices *figure 70*, l'ébauche prend la forme *figure 71*, présentant un trou vers la douille et trois sillons longitudinaux angulaires sur chaque face pour dégager quatre dents (2).

(1) Brevet Robert du 6 juin 1864.
(2) Procédé Gerivite et Lambert. Brevet du 28 juin 1878.

Digitized by Google

La pièce est ensuite divisée à la tranche ou à une espèce de cisaille détachant chaque dent que l'on écarte comme *figure 72* pour procéder à leur étirage, puis à leur courbage à distance voulue.

Le virolage de la douille sur mandrin achève le travail de forge.

Les dents et autres parties sont parachevées à la meule, puis courbées s'il s'agit de former une fourche à croc.

Une autre méthode comporte le découpage de méplats en acier dont l'épaisseur et la largeur varient suivant le modèle. Les *figures 72ª* indiquent les transformations successives d'une fourche à quatre dents. Les parties P et Q sont divisées en deux parties pour former les dents que l'on étire au marteau. La saillie X est fendue pour former au mandrin la douille de l'outil (1).

Fourches laminées.

Par le procédé de laminage, la bande a une largeur égale à celle qui correspond au nombre de dents des fourches. Les profils et plats *(fig. 73)* se reproduisent suivant les longueurs voulues entre cylindres à empreintes. Le laminage de la dent est fait sur angle, ce qui évite le tordage. Le déchet correspond à *abc*.

Les deux douilles, droite et gauche, se trouvent découpées côte à côte; le redressement de la douille par rapport à l'axe de la fourche se fait par matriçage.

Pour les fourches à soie, la bande est laminée comme *figure 74*; chaque élément est découpé, poinçonné du même coup. Les dents sont ensuite séparées, fendues avec une cisaille à lames multiples.

L'ouverture et le matriçage *(fig. 75)* sont effectués à la presse à friction, les dents étant prises par le bas, entre le poinçon fixe et les deux parties *dd'* destinées à frapper la base des deux dents de côté.

(1) Brevet Thoulieux du 8 août 1892.

Digitized by Google

Le laminage final de chaque dent est effectué entre deux galets de forme *figures 76* et *77*.

Les *figures 78* à *80* montrent diverses sections primitives de la dent; les sections *figures 81* à *83* sont données par les galets. Après laminage, les dents de côté sont relevées (1).

Le laminoir *figure 84* (2) permet d'obtenir des fourches laminées directement avec fourchons séparés. Les cylindres sont armés de bagues ou calibres en acier qui produisent successivement les diverses façons. La *figure 85* est une partie des cylindres avec coupe de calibres pourvus de plaques de guidage.

Un premier passage donne à la pièce la forme *figures 86* et *87*.

Le passage dans les deuxième et troisième cannelures-calibres donne la forme *figure 90*.

La cannelure finisseuse, correspondant au quatrième passage, livre la fourche *(fig. 91* et *92)* avec fourchons appointés. A cet effet, les calibres supérieurs s'engagent par-dessus les calibres inférieurs, comme le montre la *figure 97*, ce qui détermine l'élimination de toute matière superflue et la formation directe des pointes.

Dans le calibre 1 *(fig. 84)*, le manche et les fourchons séparés sont laminés avec guidage par des rouleaux *(fig. 98* et *99)* qui s'opposent à la déviation de forme de la fourche.

Les calibres 2 et 3 sont tels que le champ ou arête vive se trouve laminé et arrondi dans le deuxième calibre et le côté plat dans le troisième.

Les *figures 93* et *94* sont les ébauches d'une fourche à huit fourchons après laminage dans le premier calibre.

L'avantage de ces dispositions est de ne laisser subsister sur la fourche aucune arête ou bavure nécessitant un façonnage supplémentaire autre que celui de courber et d'écarter les fourchons.

(1) Brevet Leblond, 4 mars 1892.

(2) Laminoir Spiegel. Brevet du 28 avril 1890.

Digitized by Google

Un autre procédé de confection des fourches consiste à laminer la bande d'acier suivant *figure 100* (1), en employant des cylindres à empreintes qui correspondent à la forme ébauchée de l'outil et suivant les coupes AB et CD.

Il ne reste plus qu'à détacher la fourche H de la fourche E, ce qui se fait aisément, les lignes de liaison étant de faible épaisseur; puis à repasser les pièces à froid dans des cylindres finisseurs qui donnent des dents sans bavures. On évite ainsi toute toile ou bavure entre les dents et le déchet est réduit au minimum.

On peut aussi, dans certains cas, employer des bouts d'acier plats *(fig. 101)* dans lesquels, à l'aide de lames droites ou circulaires, variant progressivement de largeur, on découpe à chaud des dents formant chacune une sorte de pyramide à section rectangulaire, et qui donnent une préparation suffisante pour le laminage définitif à froid.

Avec un découpoir, on dégage la soie qui doit former la douille.

Ces derniers procédés sont avantageusement employés pour les fourches à nombreuses dents *(fig. 102* et *103)*.

Outils aratoires.

Les outils aratoires pour fouiller la terre présentent des formes simples que le maréchal ferrant obtient au marteau sur l'enclume. Il réduit les épaisseurs à volonté aux divers endroits de la pièce. Ordinairement, les forges spéciales livrent les ébauches des socs de charrues, versoirs, plaques diverses des modèles *(fig. 1, pl. XXX)*. Ces pièces se font en bon fer, la partie travaillante étant en acier; ou mieux, elles s'exécutent aujourd'hui entièrement en acier fondu dur converti dont les lingots subissent un étirage prononcé.

Les socs et versoirs sont découpés à la défonceuse ou à la cisaille circulaire dans des bandes d'acier laminé dont l'épaisseur est ou non variable. Une forme symétrique permettant de

(1) Brevet à MM. Derby et Adnet du 5 juin 1891.

Digitized by Google

retourner le versoir après usure d'un côté motiverait de préférence une épaisseur uniforme. Ils reçoivent une première façon au marteau s'il est utile, puis la forme finale *(fig. 2)* est obtenue en étampes dont les dispositions peuvent affecter, par exemple, celles *figure 3* (1).

L'emploi de la presse hydraulique à courber en étampes peut être adopté pour ces pièces de faible épaisseur (4 à 7^{mm}) qui n'exigent qu'une pression modérée prolongée, attendu qu'on ne doit pas chercher à réduire l'épaisseur. Le mouton à étamper est cependant d'un emploi plus simple, moins onéreux si la fabrication n'est pas très importante.

Les outils tranchants, tels que les lames de hache-paille, les serpettes, les faux, etc., sont étirés, battus fortement au martinet pour bien serrer l'acier. Le travail est conduit de manière que l'ébauche prend progressivement la forme finale sans exiger de courbage prononcé.

Ainsi une faux a pour ébauche une barrette d'acier fin ou supérieur capable de supporter des réchauffages et martelages répétés, à section rectangulaire que l'on étire en pointe tout en lui donnant la forme cintrée *(fig. 4)*. Ensuite, la pièce est fortement étirée en largeur avec un marteau à frappe bombée, l'enclume ou tas étant à panne arrondie. Un guide adapté à l'enclume permet de bien présenter la pièce pour former la côte avec régularité. La faux est parée sur tas bombé, la poignée est pliée; elle est ensuite affûtée à la meule, puis trempée. La trempe des faux est délicate. Elles sont chauffées à la température du rouge naissant dans un four et plongées dans un bain de corps gras ou dans un bain d'eau tiède additionné de savon, de prussiate de potasse. Un bain de glycérine et d'ammoniaque avec addition d'eau, en proportions variant selon la qualité du métal, pourrait être adopté. Il produirait une espèce de cémentation rapide superficielle, et il assurerait une grande élasticité. Il en

(1) Modèle Tewddel.

Digitized by Google

serait de même de la double trempe. Ce bain pouvant être porté à une température de 150 à 200°, laisserait comme l'huile une grande latitude pour la chute de température la plus convenable. C'est le grand avantage du bain d'huile de tremper également entre 0° et 300° (température d'ébullition).

En ajoutant au bain du sulfate de manganèse ou du sulfate de potasse, la trempe serait plus dure. Au contraire, si on recherche pour un acier trop dur une trempe plus douce, on ajouterait au bain du chlorure de manganèse ou du chlorure de potassium. Il convient d'adopter un bain de grand volume à circulation continue de manière que les faux soient toutes trempées d'une façon identique.

Les faux subissent un recuit jusqu'au bleu violet en les disposant par groupes de 20 à 30 dans des caisses de chauffage en tôle remplies de sable. Retirées, elles sont placées dans des chambres où le refroidissement se fait lentement et uniformément. Vérifiées et redressées s'il y a lieu, elles sont recouvertes d'un vernis qui préserve le métal de l'oxydation.

Les faux à côte ronde sont fabriquées soit avec des tôles d'acier dont un côté est enroulé autour d'une tige de fer, de manière à former la côte en donnant la résistance à la lame, soit au moyen de fers profilés à section demi-circulaire qu'on rive sur le bord de la lame. La côte ronde forgée est difficile à obtenir sans modifier la courbure de la faux. Pour rendre l'opération facile, on emploie deux étampes A et B *(fig. 5)* (1). L'étampe supérieure est fixée dans la tête du martinet, l'étampe B est assujettie sur une chabotte.

L'étampe A doit non seulement frapper sur la côte, mais encore sur une certaine largeur (27^{mm}) de la lame.

Il suffit de cette largeur étampée en même temps que la côte pour ne pas modifier le cintre de la faux.

Comme un excès de matière en un point donné de la côte

(1) Brevet à MM. Dorian-Holtzer, Jackson et Cie, du 20 août 1888.

Digitized by Google

pourrait produire un repli ou une paille sur la lame, il faut qu'entre la partie C de l'étampe supérieure et la partie C′ de l'étampe inférieure, il y ait toujours un vide de 1^{mm} pour laisser échapper l'excédent d'acier qui fait une mince bavure, facile à enlever à la meule.

Fabrication de la faux mécaniquement (1).

Le procédé comprend le laminage d'une barre à section, variable avec le type à obtenir.

La barre est coupée en morceaux de longueur convenable, au moyen d'un laminoir excentré à empreinte; chaque morceau est transformé suivant *figures 7* et *8*. Les échancrures *(fig. 9)* sont produites à l'emporte-pièce. On tranche ensuite diagonalement *(fig. 10)* pour obtenir deux ébauches *(fig. 11)*.

L'ébauche *figure 11* est cintrée à l'aide d'une cintreuse spéciale et on lui donne la courbure *(fig. 12)* convenable pour arriver à celle définitive après avoir été laminée comme *figure 13* entre cylindres appropriés.

On obtient ainsi une ébauche que l'on achève par les procédés ordinaires de découpage pour la régulariser, de martelage pour la durcir et terminer l'outil en lui faisant subir la trempe nécessaire suivie du recuit.

Ce mode de fabrication réduit beaucoup la main-d'œuvre et peut s'appliquer aux divers outils analogues.

Lorsque la faux est constituée par deux pièces, soit *figure 14*: la lame, puis la côte et le manche venus d'un seul morceau, la lame est laminée et découpée suivant *figure 15* (2) avant son ajustage et son brasement sur la côte.

Le manche et la côte sont façonnés comme *figure 16*.

L'étireur fait le manche C et le talon D comme s'il s'agissait d'une faux battue. Il étire la partie de la côte en une baguette carrée ayant 8 à 9^{mm} près du manche et 6 à 7 à l'extrémité.

(1) Brevet Espinasse du 11 juillet 1878.

(2) Brevet de M. Bauerfeld du 8 février 1889.

Digitized by Google

On forge le bouton; on platine le talon à l'épaisseur d'un millimètre environ, en ménageant la côte. On passe à l'étampe sous le marteau, en commançant par la pointe, puis on fait deux ou trois chaudes, suivant la longueur, en changeant chaque fois de rainure de plus en plus grande, en allant vers le manche, de façon que la côte étampée B aille en augmentant de force de la pointe au talon.

On cisaille la bavure affleurant la côte du côté intérieur, et on relève la bavure extérieure en employant soit un marteau spécial, soit le laminoir, tout en produisant une petite rainure B′ dans la côte elle-même *(fig. 17)*.

La lame A étant découpée sur patron et les bords extérieurs blanchis à la meule d'émeri, on relève un bord de 2 à 3^{mm}, comme il est indiqué en A′ *(fig. 15* et *18)*.

Pour le montage, la lame étant cintrée à la forme, on introduit le petit bord relevé A′ dans la rainure B^1 de la côte; et, appuyant celle-ci dans une étampe, on rabat la partie mince B^2 sur la lame, on rive le talon et l'on brase.

Pour la trempe, il est inutile de protéger la brasure par de l'argile; quand la faux est retirée du four de trempe pour être immergée, la côte n'est pas rouge par la raison qu'elle est beaucoup plus épaisse que la lame.

Les faux à manche rivé et à côte brasée ont l'inconvénient, soit de se dériver, soit de se débraser; il est préférable de souder les éléments.

Faux découpées.

Une autre méthode de fabrication de la faux consiste à découper et à estamper l'instrument sous un morceau de tôle d'acier suivant la forme *(fig. 19)* (1) en rapport avec le manche, la côte et la lame. La partie A sert à façonner la lame, et la partie B, combinée avec A, sert à former le col et l'attache du

(1) Brevet à M. Revollier, du 9 février 1892.

Digitized by Google

manche. A cet effet, on replie la partie B suivant la ligne ponctuée B′ et on la rive sur A *(fig. 20)*, le col et le manche forment alors une partie renforcée convenable.

On forme la côte en repliant la lame suivant la ligne ponctuée, puis en repliant une deuxième fois la bande, la faux affecte la forme *figure 20*.

La bande peut être courbée dans l'un ou l'autre sens, suivant *figure 20*[a] ou *20*[b].

Afin de la renforcer davantage, on munit cette faux d'une rainure C s'étendant parallèlement au dos pour se perdre dans le manche et se bifurquer dans le col *(fig. 21, 22* et *23)*. Cette rainure est obtenue à la presse, laquelle amène en même temps le manche et le col dans la position voulue par rapport à la lame.

Pour achever la faux, on la trempe, on la fait recuire, on la dresse et on l'aiguise.

Cette méthode est plus simple et plus économique que celle de l'étirage, car d'un seul coup on ébauche la pièce.

La faux présente une lame d'épaisseur très régulière et de faible poids.

Au lieu d'une rainure ménagée le long de la côte, on forme celle-ci en repliant *(fig. 24* à *27)* la tôle autant de fois qu'il est nécessaire pour assurer la raideur voulue, suivant la grandeur de la faux.

Confection d'une cognée.

Une cognée, telle que celle *figure 28*, peut être constituée par une première pièce A étirée avec deux pattes pour former l'amorce qui permettra de souder le corps de l'outil.

Cette pièce A envirolée sur mandrin au marteau, puis soudée, donne la douille D de la cognée *(fig. 29)*.

S'il est nécessaire, pour obtenir une épaisseur d'amorce suffisante, on soude avec les pattes A′ une surépaisseur B.

Une deuxième pièce C ébauchée forme le corps de cognée aciéré par un morceau d'acier D rapporté et soudé.

Le corps C étant soudé avec la douille D, la forme voulue

Digitized by Google

est donnée en une ou plusieurs chaudes suivant qu'on opère au marteau à bras ou au marteau mécanique.

Aujourd'hui ces outils se font le plus souvent en acier fondu et coulé en ébauches qu'il suffit de platiner, d'étirer à la forme définitive, de régulariser à la meule et de tremper à l'huile ou à l'eau en immergeant d'abord le dos de l'outil, car en plongeant le tranchant en premier lieu, il pourrait se produire des fissures.

Si la pièce se gauchit, on la redresse après recuit au bleu violet.

Les *figures 30* et *31* se rapportent à des ébauches.

Un autre procédé consiste à fabriquer ce genre d'outils avec le manche et la tête d'une seule pièce, ce qui permet d'augmenter la résistance (1).

Le manche est creux afin de bien équilibrer l'outil en vue du maximum d'effet à obtenir. Les ébauches sont laminées, comme le montre la *figure 32*, au moyen d'un laminoir hélicoïdal du type Mannesmann.

Quand ces ébauches ont été coupées dans leurs parties pleines suivant les sections *xx*, la partie creuse est destinée à former le manche; avec la partie massive, on forme la tête dont les dimensions, de même que celles du manche, peuvent varier à volonté.

L'about du manche est arrondi au marteau ou à l'étampe. Le manche reste cylindrique ou est ovalisé. La tête est forgée par les procédés ordinaires d'étirage, de matriçage, après avoir soudé les mises d'acier pour le tranchant, si l'outil en comporte.

On obtient ainsi le marteau *figure 33*, la pioche *figure 34*, les outils *figures 35* et *36*.

Confection d'une bisaiguë.

La bisaiguë *figure 37* comprend une douille ou poignée creuse découpée dans de la tôle ou étirée suivant le développement A.

(1) Brevet Siemens du 13 juillet 1889.

Digitized by Google

Envirolée et bouchée à l'un des bouts par un bouchon B, la virole est soudée.

Le corps E de l'outil est étiré dans une barre de dimensions convenables en ménageant une amorce pour le soudage de la poignée. Les extrémités sont aciérées par des parties soudées en gueule de loup.

La pièce est ensuite parée, les irrégularités de surface et de raccord sont enlevées à la meule.

La plupart des outils tranchants du charpentier, du menuisier, se font actuellement en acier fondu. Ils sont façonnés, étirés au marteau mécanique à grande vitesse, les ébauches étant prises à la barre simple ou mieux à la barre laminée en ébauches.

Coutellerie.

La coutellerie comporte la fabrication de tous les objets tranchants tels que couteaux ordinaires, couteaux de coupe-racines, lames de cisailles, de ciseaux, armes blanches, etc.

L'industrie des outils et des instruments tranchants est pratiquée depuis les temps les plus reculés.

La coutellerie moderne a substitué les procédés mécaniques aux procédés manuels dans la plupart des manipulations que subit le métal.

Les opérations de forgeage sont généralement simples et comprennent l'étirage au martinet de la barre de fer ou d'acier; le battage complémentaire pour donner la forme définitive et serrer le métal qui doit être bien corroyé et présenter une grande homogénéité. Si la lame est aciérée, l'ébauche donne lieu à une soudure préalable à l'étirage.

Les pièces de coutellerie subissent généralement une trempe plus ou moins dure que l'on effectue, soit immédiatement après le travail de forge, soit après le finissage des lames à l'aiguiserie.

La coutellerie emploie des aciers fondus au creuset que l'on forge en barres, puis que l'on réchauffe et travaille pour les

Digitized by Google

amener aux dimensions voulues. Suivant la nature de l'outil, les barres sont corroyées au marteau à mouvement rapide qui donne un acier dense, dur; ou au laminoir qui donne des produits plus uniformes et moins durs.

Quantité d'ébauches d'objets de coutellerie sont obtenues par les procédés d'étampage ou de laminage avec des cylindres à empreintes, qui laissent suffisamment de façon à faire au marteau, en vue de battre convenablement le métal pour lui donner les qualités que l'on recherche.

La fabrication des lames est difficile et demande des ouvriers sachant ménager l'acier, sachant éviter les nombreuses chaudes ou recuits.

C'est particulièrement dans les fabriques d'armes tranchantes que les moyens mécaniques sont appliqués, soit pour la confection des lames, soit pour la confection des fourreaux.

Forgeage des baïonnettes.

Le forgeage des baïonnettes a donné lieu à diverses machines donnant une fabrication rapide.

Signalons la suivante : On suppose qu'avec une barre d'acier rond de 15^{mm} de diamètre et de 180 ^{mm} de longueur, on obtient une baïonnette, nouveau modèle, de 520^{mm} de longueur, de section cruciforme et de forme conique, aussi bien dans le creux des rainures que dans les parties saillantes. La tige ronde A *(fig. 38)* devient successivement A_1, A_2, A_3, A_4.

La machine qui permet d'effectuer ce travail est représentée *figures 39*, *40* et *41* (1).

Elle comprend huit marteaux qui se meuvent horizontalement; quatre marteaux M forgent la barre dans les creux et quatre autres M' forgent les nervures. Ces marteaux sont actionnés par liaison avec un plateau oscillant C que commande une bielle à genouillère D. Cette bielle est mue par un excentrique ou manivelle, calé à l'extrémité de l'arbre

(1) Brevet Ravasse du 10 novembre 1887.

Digitized by Google

de commande O. A chaque tour de l'arbre O, le plateau oscillant C a une course dans un sens, et une autre en sens contraire, de manière que les marteaux frappent deux coups.

Chacun des marteaux MM' est monté sur un coulisseau relié à l'extérieur du plateau C par un chapeau E.

La pièce forgée devant affecter la forme conique, il faut que les marteaux se rapprochent progressivement au fur et à mesure que la barre en forgeage se déplace entre les huit marteaux. A cet effet, chaque marteau est constitué par un manchon fileté emboîté par un manchon écrou solidaire d'un pignon conique, dont la rotation progressive déplace le marteau longitudinalement. La pièce à forger F est maintenue verticalement dans une pince ou tenaille disposée à la partie inférieure d'un chariot X se déplaçant verticalement pour présenter les différentes parties de la tige à l'action des outils.

Le chariot porte à sa partie inférieure et au-dessus de la tenaille une bague L qui sert de butoir et limite la course du chariot, à volonté, par le réglage des bagues B fixées sur une tige verticale N de débrayage. Le mécanisme est combiné de manière à produire plusieurs passes successives qui se font avec des courses de plus en plus longues, en partant d'origines de plus en plus éloignées; les dernières passes sont réglées de manière à bien parer la pièce.

Le nombre de passes est variable à volonté par un encliquetage spécial dont il suffit de changer le rochet R.

Laminage des armes.

A titre d'application du laminage des armes ou des couteaux de grandes dimensions, signalons la disposition des cylindres ébauchant les sabres-baïonnettes se rapprochant de la forme des couteaux ordinaires. La lame *(fig. 44)* porte une évidure A, laissant un petit entablement à section trapézoïdale (1), une queue ou soie et une pointe sans évidure.

(1) Brevet Harpp-Bedel et Cie du 12 avril 1866.

Digitized by Google

L'évidure A de la lame existe en A′ sur la barre d'acier *(fig. 42* et *43)*; elle est obtenue par une nervure A, existant sur chaque cylindre *(fig. 46)*. Les sections de la barre sont indiquées *figure 47*. La longueur de la rainure est calculée, ainsi que celle des parties non évidées de manière que pour former une lame, on coupe la barre suivant *figure 43*, c'est-à-dire en laissant la partie C pour forger la pointe et la partie C′ pour former l'entablement et la soie.

La barre peut encore comporter deux lames comme *figure 45*, disposées côte à côte, ce qui facilite le laminage, toutes les parties étant symétriques (coupes *fig. 48* et *49*).

Les ébauches découpées sont achevées en étampes et étirées au martinet.

Fourreaux d'armes sans soudure (1).

Pour fabriquer les fourreaux de sabre et d'autres armes blanches, droites ou courbes, à côtés parallèles ou obliques et à enveloppe sans soudure longitudinale, on se sert de tubes ou de douilles cylindriques *(fig. 50)* d'épaisseur de paroi convenable, ouverts aux deux extrémités ou fermés à l'une des extrémités. Pour obtenir un fourreau droit à côtés parallèles, le tube ébauché est introduit entre des cylindres *(fig. 51)* dont les gorges de profilage correspondent à la section du fourreau terminé, qui est ordinairement ovale.

Au passage entre les cylindres, la paroi du tube est serrée dans les cannelures de façon que la section circulaire devienne ovale.

La transformation peut se faire en un seul passage, mais si la déformation est accusée, il convient de faire passer le tube dans plusieurs cannelures de calibres décroissants.

Si le fourreau est courbé, cette forme est obtenue au moyen d'une machine à cintrer ordinaire à trois cylindres à rainures soutenant le métal latéralement *(fig. 55)*.

(1) Brevet Lorenz du 27 mars 1889.

Digitized by Google

Pour fabriquer des fourreaux droits coniques ou à section variable, on commence par laminer un tube cylindrique en tube conique en le faisant passer dans une cannelure *(fig. 53)* disposée de façon à se rétrécir progressivement lorsque les cylindres tournent.

On introduit ensuite le tube conique entre des cylindres dont les cannelures correspondent au profil du fourreau *(fig. 54)*. Les cannelures présentent également une section variable de façon que le tube conique sort du laminoir sous forme de fourreau droit à section décroissante. Ce fourreau peut également être cintré à la machine ordinaire *(fig. 57)*.

Suivant la section du fourreau, on donne aux cannelures des cylindres les sections correspondantes, comme l'indiquent les *figures 52* et *56*.

Pendant ces opérations, les extrémités du tube peuvent rester ouvertes. Ensuite, on ferme l'une des extrémités (la plus petite lorsqu'il s'agit de fourreaux coniques) par soudage d'un bouchon tout en lui donnant la forme appropriée, comme par exemple celle d'un dard *(fig. 58* et *59)*. Les parties accessoires se soudent ensuite.

Confection des limes, des râpes.

Les limes se font en acier cémenté ou fondu. Anciennement, on employait l'acier cémenté forgé au martinet. Après ébauchage de la lime, on la faisait recuire pendant sept à huit heures pour rendre le métal plus doux en vue de faciliter la taille après polissage à la meule. Les anciennes limes étaient munies d'une poignée dégagée dans la masse. Aujourd'hui la plus grande partie de ces outils est en acier fondu au creuset, étiré en barres.

L'ébauchage d'une lime ordinaire comporte : l'étirage au marteau de la partie taillée à la forme voulue; la formation de la queue ou soie par dégagement d'une amorce et étirage de cette dernière sur bigorne.

Digitized by Google

Pour le taillage, la lime après recuit, étant meulée et blanchie, se place sur un tas avec interposition d'une fourrure de plomb plate ou creuse, de manière à ne pas endommager la taille déjà faite. La lime est maintenue par ses deux extrémités avec une lanière fixée au billot, et sur laquelle l'ouvrier agit à l'aide du pied.

La taille est obtenue par un ciseau très court approprié au degré de profondeur des empreintes et à la largeur de la lime.

Le ciseau à tailler est actionné par un marteau à main à manche recourbé court et de poids qui varie avec la taille. La difficulté consiste à savoir tenir le ciseau suivant la même inclinaison, à le placer juste et à produire le choc convenable. Le tailleur de limes opère avec une dextérité et une régularité étonnantes. La taille se fait d'abord dans un sens, puis on donne un coup de lime pour enlever les bavures; on met un peu d'huile pour faciliter le déplacement du burin pendant la taille du deuxième sens. Actuellement, certains ateliers emploient des machines à tailler, d'autres préfèrent encore la taille à la main.

Les limes taillées sont enduites pour la trempe d'un cément composé de charbon de bois, d'huile et de corne de sabot de cheval, en vue de préserver la taille de l'action vive du feu, et pour donner plus de dureté à l'acier. La trempe se fait au rouge en plongeant chaque lime verticalement dans un bain ordinairement composé d'eau, de lie de bière, de sel ammoniac et de sel marin. Si la lime se déforme, avant complet refroidissement, l'ouvrier la redresse, soit au marteau de plomb, soit en projetant de l'eau dans le sens de la convexité. La soie est recuite dans du plomb fondu et trempée dans l'eau. Ensuite les limes sont brossées, nettoyées, lavées et huilées pour les préserver de l'oxydation.

Depuis plusieurs siècles, on a essayé de faire des machines à tailler les limes et ce n'est qu'en ces derniers temps qu'on a réussi.

Digitized by Google

On attribue à Léonard de Vinci (1452-1519) la première machine à tailler les limes et qui est représentée *figure 1, planche XXXI.*

« Le flan ou ébauche de lime est fixé sur un carreau, lequel est conduit par un levier ayant à une extrémité une roue de rencontre actionnée par pignon de lanterne. Le pignon est conduit par une masse qui descend, et le marteau-burin, qui tombe par son propre poids, est soulevé par une roue à cames. Le marteau est fixé à un levier pivotant entre deux montants, mais l'organe produisant le soulèvement n'est pas montré, le mécanisme étant masqué par la grande roue de rencontre. Il est à noter que le mouvement du carreau transportant le flan de lime est continu, ce qui en théorie ne devrait pas avoir lieu, car le carreau devrait être immobile pendant l'instant où la coupure est faite. C'est cependant un exemple très intéressant du génie mécanique du grand peintre, et selon toute probabilité la première machine de ce genre. Jusqu'ici, l'honneur de l'invention a été donnée à M. Du Verger qui proposa une machine à cet usage en 1669 (*Machines approuvées par l'Académie des Sciences*, tome Ier, page 155). Du Verger ne revendique pas le principe général de tailler les limes à la machine, mais décrit son invention, comme une machine taillant quatre limes à la fois. (Traduit de l'*Engineering*, 5 mars 1875, page 182.)

La machine relativement complexe de Léonard de Vinci montre bien l'état d'avancement des constructions machinales au xve siècle.

La plupart des conceptions primitives ont été abandonnées et il a fallu la construction précise de notre époque pour rendre pratiques les machines à tailler les limes (1).

Les machines modernes comportent un chariot porte-pièce pouvant se déplacer automatiquement pour présenter toutes

(1) La machine à tailler les limes a déterminé de nombreuses recherches des plus habiles mécaniciens, parmi lesquels on peut citer : Petit Pierre et Perceval.

Digitized by Google

les parties de la surface de taille à l'action du ciseau monté sur un mouton animé d'un mouvement rectiligne alternatif ou oscillant. Nous signalerons les dispositions de la machine *(fig. 4 à 14, pl. XXXI)* (1) permettant de tailler deux limes à la fois.

Quelle que soit la forme des limes à tailler, on emploie un support J à base d'appui semi-cylindrique qui repose dans un bloc G ajusté sur un chariot F.

Sur la pièce J sont placés les porte-limes M, ajustés ou non, dans une pièce intermédiaire K. Les deux limes L *(fig. 7* et *10)* reposent sur les pièces M avec interposition de deux petites lames d'étain.

Les deux porte-limes, étant demi-cylindriques, peuvent osciller transversalement, ce qui, pendant la taille, fait que chaque lime prend toujours une position correspondant très exactement à la ligne de contact du ciseau.

De plus, lorsqu'on taille deux limes à la fois, la taille est plus égale, car le ciseau portant sur une largeur plus grande, a moins de tendance à porter plus fortement sur un des côtés de la lime, ce qui, dans ce cas, donne une taille de profondeur inégale.

Sur l'un des porte-pièces, la lime est fixée plus en avant que sur l'autre; cette différence est réglée par l'obliquité de la taille.

Le dos des limes demi-rondes et rondes, portant une série de tailles presque parallèles en partant de la base vers la pointe ont besoin d'un appareil spécial, qui permette de tailler ces limes sans avoir à les déplacer *(fig. 9* et *11)*.

Pour la taille des limes demi-rondes et rondes, le support demi-cylindrique J est pourvu d'une coulisse K *(fig. 11)* recevant les porte-limes qui, eux aussi, sont demi-cylindriques. Lorsqu'ils sont placés dans la position voulue, on coule de

(1) Machine Goldenberg. Brevet du 2 mars 1889.

Digitized by Google

l'étain ou du cuivre dans la coulisse K et les porte-limes se trouvent ainsi montés dans leurs coussinets, sans avoir besoin d'un ajustage spécial.

Comme pour produire les différentes courses de la taille dont ces limes sont garnies, il faut que chacun des porte-limes puisse tourner simultanément avec l'autre, on monte sur chacun d'eux un pignon P *(fig. 8* et *9)* engrenant avec un pignon O et dont l'axe porte une manivelle Q, au travers de laquelle passe une tige-goupille S qui est pourvue d'un ressort ayant pour but de la maintenir dans le trou d'un plateau diviseur, dans lequel on l'a placée pour assurer la fixité des porte-limes dans l'inclinaison voulue pour les différentes tailles à faire sur les limes.

La position des porte-limes et celle de la manivelle pouvant se régler d'une manière tout à fait indépendante l'une de l'autre, il est facile, avant de commencer la taille d'une partie de lime, de régler l'appareil de manière que les deux limes se présentent sous le ciseau dans une position parfaitement symétrique.

Suivant la forme de la lime, le porte-lime présente des dispositions appropriées.

Le long du chariot F et sur les deux côtés sont adaptés des règles ou guides D, dont la forme varie suivant les épaisseurs des limes; elles agissent à l'aide de tringles sur un ressort en caoutchouc placé à l'intérieur du bâti au point F de la tête, et qui, en se comprimant, fait sur le marteau B l'effet d'un tampon diminuant ou augmentant à volonté l'intensité du coup ou choc, selon la montée ou la baisse de la vis de réglage V. On obtient ainsi une taille plus faible ou plus profonde suivant les différentes limes à tailler.

Le déplacement du chariot est réglé par un harnais d'engrenages.

Le porte-ciseau B est un levier mû par came ou excentrique dont l'arbre est actionné par une courroie.

Digitized by Google

Machine à tailler quatre limes à la fois.

Pour tailler quatre limes simultanément, on dispose *(fig. 15 à 18)* (1) deux supports parallèles à chariot se déplaçant par vis sur la partie du bâti C.

Les écrous E des vis de commande des chariots S sont assemblés avec des crémaillères A *(fig. 17)* mobiles dans des guides longitudinaux de support. Les pignons et segments dentés BB′ *(fig. 16)* permettent d'enrayer dans une certaine mesure les écrous E jusqu'à ce que les crémaillères A viennent s'appliquer contre les parois des supports, ce qui permet de produire une taille plus serrée aux pointes des limes.

Les plateaux de taillage F reposent sur des billes *(fig. 18)*; de même, les quatre plateaux à limes s'appliquent sur des billes qui assurent une grande mobilité à ces pièces.

Les porte-outils J sont ajustés avec les moutons H de façon à pouvoir tourner; des vis de rappel permettent de les régler suivant la taille désirée. Les moutons retombent en même temps et afin de produire des coups puissants et éviter le contre-coup, des ressorts à boudin I emboîtent les tiges supérieures de guidage. La puissance des coups se règle par le serrage ou le desserrage des écrous sur lesquels s'appuient les ressorts I, ou par la rotation vers la droite ou vers la gauche des vis de tension K au moyen du volant à main M *(fig. 16)*.

On préfère généralement les limes taillées à la main à celles taillées à la machine, à cause d'une certaine irrégularité qui se produit dans les limes taillées à la main et empêche la formation de rainures en limant; tandis qu'avec des limes taillées à la machine, les tailles étant parfaitement régulières, il se produit des rangées droites de dents de limes formant des lignes ou rainures dans la pièce limée.

Afin de produire des irrégularités de taille analogues à celles d'une taille à la main, les guides des chariots S présentent des

(1) Machine Fischer. Brevet du 4 août 1890.

Digitized by Google

surfaces munies de saillies légères ou ondulations irrégulières de manière que le levier L *(fig. 16)* passe avec son galet sur la surface irrégulière et effectue un mouvement irrégulier des segments dentés B'B' sur lesquels il agit et qui, à leur tour, communiquent une action irrégulière au mouvement du chariot S, et une taille de même nature que celle faite à la main. Ces irrégularités peuvent varier à volonté.

Les râpes diffèrent des limes par leur taille qui est ponctuée au moyen de ciseaux plus ou moins pointus relevant davantage le métal que dans la taille d'une lime proprement dite.

Les ébauches des limes de fortes dimensions sont aussi obtenues par laminage avec cylindres à empreintes; les limes obtenues par ce procédé présentent des angles de coupe moins vifs que ceux des limes taillées au ciseau. Les sillons sont produits par des parties saillantes dont sont munis les deux cylindres lamineurs qui présentent aussi les empreintes pour produire, dans la même opération, la queue de la lime.

Les grosses limes rondes s'obtiennent avec taille croisée par le laminage transversal ou roulage entre plateaux (machine Simonds), d'une manière rapide et économique.

On emploie avec avantage de l'acier contenant un peu d'aluminium; ce dernier métal donne, à l'état naturel, un acier plus doux, permettant d'accuser plus fortement la taille que dans les limes ordinaires; et, à l'état trempé, l'acier est d'une dureté et d'une ténacité exceptionnelles.

Scies.

Les scies sont des lames d'acier dentelées servant à débiter les bois, les pierres, à découper les métaux et diverses autres matières.

Ces lames doivent présenter une dureté en rapport avec celle de la matière à scier, tout en permettant de raviver la denture soit à la lime, soit à la meule d'émeri ou au disque de fer; dans ce dernier cas, la dureté de l'acier peut être plus grande et, par suite, assure une meilleure coupe de l'outil.

Digitized by Google

Ces outils *(fig. 19)* ont la forme de bandes de largeur constante, ou de largeur variable, de disques circulaires, de bandes annulaires dites *lames sans fin (fig. 20)*.

L'épaisseur est uniforme ou variable, et, dans ce dernier cas, elle est plus épaisse du côté de la denture.

L'épaisseur varie de quelques dixièmes de millimètre, scies d'horloger, à plusieurs millimètres (4 à 15^{mm} pour scies coupant le métal à chaud).

Les longueurs, largeurs ou diamètres varient de quelques millimètres à plusieurs mètres.

Ces outils font l'objet d'une fabrication importante et toute spéciale.

Anciennement les scies se faisaient en acier cémenté étiré sur l'enclume au marteau à devant pesant 4 ou 5 livres. L'acier était chauffé au rouge cerise et étiré à petits coups, ce qui lui donnait de la densité, de la dureté sans le tremper.

La bande était polie à la meule de grès. Les dents étaient dégagées à l'emporte-pièce bien trempé : « C'est une espèce de ciseau qui entre dans un trou de la même grandeur et forme que le ciseau (poinçon) et qui a une entaille de la grosseur dont doivent être les dents de la scie. On en a de différentes pour chaque qualité de scie. L'ouvrier, avec un marteau, donne un coup sec sur le ciseau, qui *emporte* la petite *pièce*, qui forme le vuide entre chaque dent.

» Ce ciseau est relevé aussitôt par un ressort qui est par dessous, de sorte que l'ouvrier n'a qu'à pousser la scie et à frapper avec un marteau. L'habitude fait qu'il va fort vite. Les scies s'aiguisent ensuite à la lime (1). »

Les scies sont actuellement découpées dans des bandes d'acier laminées, durcies par laminage complémentaire à froid ; elles sont dentelées à l'emporte-pièce mécanique. Les scies circulaires sont débitées dans des tôles et subissent un laminage

(1) *Voyages métallurgique de Jars*, tome Ier, page 232.

Digitized by Google

circulaire lorsque le disque présente une surépaisseur du côté de la denture.

Les scies sont généralement chauffées pour la trempe au rouge accentué dans des caisses placées dans un four à température régulière. Le bain de trempe est de l'eau additionnée de sel et d'amidon dont la température varie de 50 à 60°.

Suivant que les lames sont employées pour le travail du bois ou des métaux, le recuit varie de manière à donner à l'acier la dureté recherchée.

On peut appliquer une trempe plus forte si les scies doivent servir au travail de l'acier à froid.

Le recuit doit donc varier, suivant les cas, du jaune foncé au bleu violet, le refroidissement après recuit se faisant dans un bain d'huile et de graisse additionnée de cire.

Les scies sont ensuite ressuyées dans de la sciure de bois et redressées, s'il y a lieu, au maillet, au marteau ou à la presse, entre plaques de fer ou de fonte chauffées, ou par flexion si la forme se prête à cette déformation.

Les lames passent ensuite au polissage, puis à l'emporte-pièce.

Ferronnerie.

La ferronnerie s'étend actuellement à quantité de pièces d'assemblage, d'armatures destinées aux constructions en bois, en fer; aux charpentes, planchers, aux véhicules et surtout aux wagons, au matériel des voies ferrées.

La construction des navires emploie également de nombreuses ferrures de toutes formes, de toutes dimensions, dont on ne saurait énumérer la liste.

La plupart des pièces de ferronnerie sont d'un forgeage courant, soit au marteau, soit en étampes avec moyens mécaniques, parfois très ingénieux lorsque les formes sont complexes.

Dans les forges où la fabrication se fait en grand, on emploie de nombreux pilons à vapeur ou mécaniques; on y trouve des presses de toute espèce pour plier, couder, percer, étamper, etc.

Digitized by Google

Nous nous bornerons à citer quelques exemples de façonnage.

Fabrication des ranchers.

Les brides dites ranchers *(fig. 3, 4* et *6, planche XXXII)* sont ébauchées, puis matricées, à la forme développée *figure 5*, qui représente un rancher dit double.

Pour le plier à la forme définitive *(fig. 3* et *4)*, après que le filetage des tiges a été fait à chaud, on le réchauffe et le pliage est exécuté au moyen d'une petite machine *(fig. 1* et *2)* (1) qui comprend un mandrin M contre lequel on assujettit la pièce par la vis V. Concentriquement à la tête du mandrin est monté l'axe A d'un levier B pourvu d'un galet G correspondant à la forme extérieure du rancher.

Le levier étant supposé rabattu en arrière, il suffit de le ramener de l'autre côté pour plier la pièce convenablement.

Le galet G a son axe guidé dans une rainure R de la semelle S solidaire du mandrin.

Cette semelle est fixée à volonté sur un tas, la cheville C assurant sa position. Dans le cas d'un rancher simple, le galet B est de forme voulue correspondante.

Machine à couder.

Lorsque la pièce comporte plusieurs coudes rapprochés, comme, par exemple, dans le cas d'une entretoise de fers à planchers, la machine à couder *(fig. 7* et *8)* comprend un plateau fixe A dans lequel existe une large mortaise R, destinée à recevoir le galet V sur lequel le faux rouleau B pivote, et une petite mortaise R′ servant de passage au boulon ou axe X du galet V *(fig. 9)*; à la partie inférieure se trouve le galet fixe S et à la partie supérieure est disposé le galet M et le guide Z. La position du guide Z est réglée chaque fois que l'on change de faux rouleau, suivant les dimensions de la pièce. L'extrémité du guide Z se termine par une équerre destinée

(1) Brevet de MM. Marrel du 5 juin 1878.

Digitized by Google

à recevoir le boulon D, ayant pour fonction d'augmenter le talon des entretoises au fur et à mesure du besoin. Chaque faux rouleau porte une rainure V destinée à recevoir la barre de fer rouge; le bas du faux rouleau est terminé en forme de came C, s'appuyant constamment sur le galet S, tandis que le fer se coude à la partie supérieure, suivant la forme de cette came C, en même temps que le dernier coude se fait sur le galet inférieur, comme l'indique la *figure 8*, montrant le levier de manœuvre rabattu. L'entretoise se confectionne en épousant la forme du faux rouleau guidé par la came (1).

Consoles d'isolateurs télégraphiques.

Ces consoles *(fig. 12)* se prennent dans du fer rond de 25mm de diamètre. On commence par cisailler ce fer à la longueur voulue, puis on lui fait subir un premier écrasement destiné à former la boule *(fig. 13)*, c'est-à-dire à amener du fer pour donner lieu à un refoulement. Ce refoulement se fait en étampes à raison de 2000 environ par douze heures.

Le premier refoulement est fait par deux hommes dont un chauffeur au four. Puis on réchauffe l'extrémité de la boule pour opérer le matriçage, écraser la boule suivant profil déterminé *(fig. 14)*.

Après ébarbage *(fig. 15)*, on procède au poinçonnage *(fig. 16)* et à l'étirage de la queue, entre deux cylindres de 0m,250 de diamètre, marchant à 80 tours, en 4 ou 5 passes de laminage *(fig. 17)*; la tête de la console sert d'arrêt pour l'engagement et le fer sort du côté où le gamin engage la pièce. On étire ainsi 100 pièces à l'heure.

La pièce est ébarbée à la matrice, puis cisaillée à longueur pour le filetage. La console est ensuite pliée dans des étampes *(fig. 18)* en assurant bien exactement la position des pièces.

Ces consoles sont ensuite galvanisées.

---

(1) Brevet Pasquier, 9 juillet 1883.

Digitized by Google

Étriers de charpente.

Les étriers sont ordinairement exécutés à la main sur l'enclume munie ou non d'étampes appropriées, ou en pliant une barre de fer chauffée, autour d'une matrice découpée, au moyen de leviers plieurs actionnés à la main, la matrice ou mandrin étant finalement enlevée pour en retirer l'étrier fini. Mais lorsqu'il faut les produire en grande quantité, on opère à la machine.

Signalons celle *figures 19* à *33*, *planche XXXII*.

Une barre droite est d'abord pliée en forme d'U *(fig. 26)*. A l'opération suivante, ses branches sont tordues *(fig. 27)*. A la troisième opération, les extrémités sont tournées en arrière à angle droit *(fig. 28)*.

Finalement l'étrier a la forme *figure 29*.

La barre est pliée dans une étampe B placée sur une table fixe C *(fig. 33)*. Un piston D maintient la barre lorsque deux galets E la plient en se déplaçant d'arrière en avant *(fig. 31* et *33)*. Puis les galets font une moitié de course en arrière et maintiennent la pièce pendant la torsion produite par les leviers F *(fig. 25* et *30)* qui, de plus, la couchent à plat sur la table C *(fig. 25)*.

Les leviers F, après avoir tordu la barre, sont maintenus abaissés sur elle pendant un moment, la maintenant solidement appliquée sur la table; puis un galet H *(fig. 32)*, à l'avant de la machine, qui possède un mouvement vertical, descend de sa position normale *(fig. 32)* et heurtant les extrémités saillantes de la barre, les plie vers le bas contre l'avant de la table C. Ce galet s'arrête dans la position *figure 24* et maintient contre la table la partie de la barre qui est tournée vers le bas. Alors, deux galets I *(fig. 20)* agissent sur les extrémités de la barre qui font saillie vers le bas et les tournent sous la table *(fig. 24)*.

Digitized by Google

Cette dernière opération de pliage complète l'étrier.

Dans les *figures 19* à *25*, la machine est montrée dans la position d'achèvement complet de l'étrier; puis toutes les parties retournent, soit simultanément, soit successivement, à leurs positions normales.

Les galets E rétrogradent, le galet H monte, le galet I va au delà des extrémités de l'étrier, les leviers tordeurs F tournent vers le haut et le pousseur D s'éloigne; l'étampe B est alors enlevée de la table C par le travers, assez haut pour permettre à l'étrier fini de glisser en dessous d'elle. Un ouvrier tire alors l'étrier de l'avant de la machine. L'étampe redescend en place, une nouvelle barre est introduite et l'opération recommence.

Les mécanismes employés pour actionner les divers outils de cette machine sont très ingénieux; néanmoins nous ne pouvons nous attarder à les décrire, il faut s'en référer aux dessins.

Ajoutons que la machine est disposée pour faire des étriers de différentes dimensions en modifiant les positions relatives des outils. Elle permet aussi de faire des étriers plus simples, de se transformer en simple coudeuse, etc.

Triangles d'attelage.

Signalons encore, comme procédé particulier de façonnage, la fabrication des riangles d'attelage entre les sabots et les cylindres des freins à air.

Ce procédé comprend : la préparation d'un fer *(fig. 34)* au pilon ou de préférence au laminoir; l'étirage des extrémités pour leur donner la forme *figures 35* et *36*; le pliage de la pièce en ⊔ *(fig. 35.)*

On rapporte ensuite par soudure la tête B, puis l'ébauche est matricée pour devenir *figure 36*. Il ne reste plus qu'à enlever les bavures extérieures, la toile intérieure D et redresser la pièce pour obtenir la forme finale *(fig. 37.)* Ce triangle est ainsi plus solide qu'avec le procédé ordinaire, qui consiste à le for-

Digitized by Google

mer en y rapportant la tête B après coup, et en la soudant en R et R′ (1).

Fabrication des fers à cheval.

Autrefois les fers à cheval étaient forgés par les maréchaux ferrants, pour ainsi dire, à mesure des besoins, par les procédés d'étirage sur l'enclume, d'une barre de dimensions convenables.

Le fer était courbé sur la bigorne, le talon étiré, les trous obtenus par étampage.

La fabrication à la main est encore suivie, soit pour compléter l'assortiment, soit pour utiliser les déchets de barres, soit pour occuper le personnel de la forge lorsque les autres travaux font défaut.

Les fers à cheval se répétant en grand nombre, avec modèles de dimensions relativement constantes, ont donné lieu à une industrie spéciale utilisant les moyens mécaniques depuis une quarantaine d'années.

Les débuts de cette industrie furent assez difficiles : il fallait vaincre les préventions des intéressés; les premiers essais donnaient des produits défectueux.

Les perfectionnements de l'outillage assurant une bonne fabrication ayant été réalisés, et les prix de revient étant réduits, les fers façonnés mécaniquement purent rivaliser avec ceux forgés à la main.

Les premières dispositions mécaniques furent appliquées au courbage de l'ébauche, à l'étirage au marteau-pilon, puis à l'étampage en matrices et en ces dernières années au laminage des ébauches.

La fabrication courante comprend les procédés suivants :

1° *L'étirage à chaud ou laminage de l'ébauche.*

L'emploi du marteau-pilon, donnant un battage prolongé, est encore recherché dans le façonnage de l'ébauche. La pièce est dégrossie sous un premier marteau. puis parée sous un second

(1) Brevet Badoux du 25 janvier 1892.

Digitized by Google

plus petit. Le laminage des ébauches se fait avec des cylindres dont les empreintes *(fig. 34, pl. XXXIV)* produisent des renflements pour le ou les talons du fer (1). On opère sur une barre de longueur indéterminée ou simplement sur un morceau de longueur donnant un seul fer. Dans le premier cas, la barre laminée est tronçonnée et les ébauches subissent un réchauffage; dans le second cas, l'ébauche passe de suite aux autres machines.

L'ébauche est à section trapézoïdale et le supplément de métal pour former le talon ou crampon ne fait pas saillie sur les larges faces; il existe sur l'un des champs *(fig. 32)*.

2° *Le cintrage ou courbage de l'ébauche.*

La machine présente diverses dispositions. Celle *figure 19, planche XXXIII* (2), comprend une forme *a*, rechangeable à volonté, montée sur un arbre vertical actionné par une arbre horizontal; ces deux arbres reliés par des engrenages coniques. Un volant-manivelle *v*, manœuvré à la main, donne le mouvement.

Sur un axe *b* est monté un galet dont le pourtour à rebord maintient et guide le fer que l'on engage entre une griffe et le moule; la griffe est solidaire du moule par les traverses *cd*.

On conçoit qu'en faisant pivoter le moule *a*, le galet *b* applique l'ébauche sur la forme.

La *figure 37, planche XXXIV*, se rapporte à une machine à cintrer à leviers.

L'ébauche, placée contre une forme F, est serrée par un bloc B actionné par un levier C à tête de profil excentré donnant lieu à une manœuvre rapide.

Deux autres leviers LL′ sont vivement déplacés et appliquent la pièce sur le mandrin F.

---

(1) Les fers de modèle russe sont à trois crampons, l'un à la pince et les deux autres aux extrémités des talons. Ces trois crampons sont pris dans la masse.

(2) Machine par Frémineur. Brevet du 28 février 1876.

Digitized by Google

Ces leviers présentent, au contact du fer, la forme qu'il doit affecter.

Le pliage des fers à cheval se fait aisément avec une machine telle que celle *figures 18, planche XXXIII* (1), comportant un mandrin ou matrice M fixée sur une table T. Un axe A également maintenu sur la table sert de pivot à un levier L articulé en B avec un deuxième levier L′ dont le petit bras coudé porte un galet G s'appuyant contre le fer F à cintrer sur le mandrin.

L'opération consiste à chauffer l'ébauche, à la serrer contre la matrice au moyen de la vis V et à agir sur les leviers L et L′. Le levier L produit le déplacement rotatif, le levier L′ sert à déterminer la pression nécessaire pour appliquer le fer contre le mandrin.

On profite de la tenue de la pièce en position, pour percer immédiatement les trous du fer.

3° *Le matriçage ou étampage.* — Les étampes sont disposées de manière à former le ou les talons, à creuser les trous des logements des têtes de clous fixant le fer.

Cette façon se fait au pilon ou à la presse à excentrique.

L'opération est souvent dédoublée. Une première paire de matrices régularise le cintrage, ébauche les trous, forme le talon, les stries ou la gorge si le fer en comporte.

Une deuxième paire, disposée sur une machine voisine ou sur un pilon, pare le fer, achève les trous ou étampures diverses.

Les *figures 33, 35* et *36, planche XXXIV*, montrent la disposition des étampes ou matrices.

Afin de projeter la pièce hors de la matrice qui emboite le fer davantage, on dispose *(fig. 20, pl. XXXIII)* une tige à tête et écrou munie d'un ressort qui le force à se détacher.

4° L'opération finale consiste à déboucher les trous du fer lorsque le métal est refroidi, ce qui facilite le bris de la débouchure.

---

(1) Breve Badiou du 30 avril 1869.

Digitized by Google

La machine ou déboucheuse est une petite poinçonneuse à vider les trous.

Fabrication des fers par M. Sibut (1).

La méthode suivie par M. Sibut comprend :

1° Le laminage des ébauches prises dans des lopins de longueur convenable au moyen du laminoir *(fig. 1 à 4, pl. XXXIII)* dont les cylindres possèdent un mouvement d'oscillation donné par un mécanisme à bielle et manivelle. Le laminoir est double.

2° Un premier cintrage dans la cintreuse *(fig. 5 à 7)*. L'ébauche est déposée devant le mandrin J qui saisit le fer et le fait passer entre les deux galets M, qui le cintrent sur le mandrin J animé d'un mouvement de va-et-vient. La pièce est maintenue par la pièce à bascule P, pendant l'opération.

3° L'ébauche est reprise pour subir la troisième façon dans une cintreuse emboutisseuse *(fig. 8 à 11)* qui achève le cintrage et emboutit les étampures. La pièce est placée entre les mâchoires S avec le mandrin T au milieu. Le mandrin est fixe; les mâchoires sont mobiles et se croisent à la manière des tenailles pour serrer le fer pendant que l'étampe B imprime les étampures.

4° Le fer encore au rouge passe ensuite à la pareuse *(fig. 12* et *13)* pour être cambré à volonté entre deux étampes.

Les *figures 16* et *17* sont une variante de la cintreuse.

Une autre méthode de la fabrication mécanique des fers à cheval comporte :

L'étirage de barres de fer et d'acier *(fig. 1, pl. XXXIV)*; A est un noyau d'acier, BB des mises de fer.

Le paquet est soudé et laminé dans le laminoir *(fig. 2* et *3)*, dont les cannelures finisseuses présentent les sections 3^a, 3^b, 3^c, 3^d. Ces cannelures ménagent la griffe, les talons sur la barre, les cannelures et les étampures pour les clous, lesquelles ne sont pas entièrement percées.

(1) Brevet du 14 mars 1874

Digitized by Google

La barre passe immédiatement sur la table mobile d'une scierie *(fig. 4* et *5)* à plusieurs lames circulaires pour la découper en ébauches.

Les ébauches tombent sur un chariot ou transporteur sans fin composé d'augets métalliques. Elles ont alors la forme *figure 9.*

Elles passent successivement dans la machine à étamper et à courber *(fig. 15* à *18).*

La *figure 18* est le plan du mécanisme à laminer le talon, comprenant un arbre N sur lequel est monté un cylindre étampeur I pour former le pinçon *(fig. 10* et *11),* l'ébauche étant disposée sur des blocs de tenue.

Lorsque le pinçon et les talons sont formés, les mouvements de la machine dégagent l'ébauche et elle est transportée au mécanisme de courbure.

Celui-ci consiste en une forme Q *(fig. 16)* et deux courbeurs T portant des doubles galets, les uns servant à courber l'ébauche, les autres s'appuyant sur les guides fixes R.

Le fer tombe de la machine sur une courroie porteuse qui l'amène à la finisseuse pour lui donner la forme convenable et enlever toutes les rebarbes.

Cette machine *(fig. 19)* comprend un cylindre porteur X, une matrice inférieure A'.

Sur le cylindre supérieur B' est montée la matrice supérieure C'. Les deux matrices sont commandées ensemble de telle sorte que, lorsqu'un fer à cheval est placé sur la matrice inférieure, et que cette matrice recule, la matrice supérieure tourne de manière à presser sur la pièce en produisant un faible étirage du fer tout en l'étampant. On obtient ce résultat en donnant à la matrice inférieure un mouvement légèrement accéléré par rapport à celui de la matrice supérieure.

L'exécution mécanique d'un fer à cheval dure moins d'une minute, les diverses opérations se faisant en une chaude. La production peut être très grande suivant l'importance de l'ou-

Digitized by Google

tillage (1). Les fers à cheval se font en métal de bonne qualité résistant à l'usure. On emploie de bons fers soudés, des fers fondus ou des aciers doux manganésés.

Fers en aluminium forgés à froid.

Depuis quelques années, des fers de luxe ou des fers spéciaux se font en alliage d'aluminium composé de 85 à 90 0/0 d'aluminium et 15 à 6 0/0 d'étain, de cuivre ou de maillechort (à 33 0/0 de nickel) (2).

On a soin de laminer les planches fondues à une épaisseur trois fois plus grande que celle définitive des fers. Ceux-ci, découpés à froid, sont étampés à froid également pour écrouir le métal et l'amener à l'épaisseur et à la forme voulue avec les étampures des clous.

Ces fers doivent être posés à froid et il faut, autant que possible, éviter de les recuire, ce qui rendrait le métal ou trop mou ou trop cassant.

Fers à languettes.

Les fers munis de languettes dentelées d'attache, faisant corps avec le fer, sont fabriqués avec de la tôle ou des barres profilées en acier ou en tout autre métal ductile (fer fondu, aluminium) dont on fait des ébauches *(fig. 20)* par découpage.

L'ébauche est transformée suivant *figures 21* à *23*, le fer fixé au sabot affectant la disposition de la *figure 24*. La forme est donnée dans les matrices *(fig. 25)*, qui forment des languettes entourées d'une mince bavure *(fig. 26)*, que l'on enlève au moyen de matrices découpeuses.

Les ébauches des fers à ferrer les animaux de la race bovine

(1) En Amérique, certains établissements produisent plus de 400t de fers à cheval par semaine.

(2) M. Japy a étudié cette application. (*Génie Civil*, 4 novembre 1893, p. 4.)

Digitized by Google

sont obtenues au laminoir, sans grande difficulté, sous forme de bande *(fig. 27* et *28)* de telle sorte que le maréchal ferrant n'a plus qu'à détacher le corps du fer et à façonner exactement, avec la partie réservée, la bride ou lacet dont est pourvu ce genre de fers.

La bande est débitée de manière qu'il y ait peu de déchet; les fers sont disposés *figure 27* pour le fer dit de droite, *figure 28* pour le fer dit de gauche.

La *figure 29* est une ébauche détachée de la bande; les parties hachurées indiquent le déchet; elles ont une épaisseur moyenne de 2^{mm}. En étirant la partie épaisse E à la forme *figure 30*, on obtient le lacet qui se replie sur la partie supérieure du sabot, comme *figure 31*.

On perce les trous à l'étampe ou poinçon.

L'une des faces de la bande laminée est plane, il suffit donc de ne ménager des empreintes que sur un seul des cylindres.

Le laminoir peut aussi déterminer des creusures correspondant aux trous qu'il suffit de déboucher sur une faible épaisseur.

Clous et pointes.

Les clous et pointes sont des tiges métalliques pourvues ou non de tête à une extrémité, l'autre étant effilée. Ils servent à assembler des pièces de bois ou d'autres matières qui se laissent aisément pénétrer. Les clous servent aussi à garnir les objets pour prévenir une usure rapide.

Ces éléments d'assemblage ou de garnissage se font en fer tendre, acier doux, cuivre, laiton, zinc.

Les clous et pointes présentent une grande variété de modèles se différenciant par leurs dimensions et leurs formes.

Les gros clous se forgent à chaud, ou par découpage dans des bandes de tôle. Les petits et moyens sont façonnés à froid et sont découpés ou laminés, le plus souvent, dans la verge ou les fils métalliques.

Digitized by Google

La clouterie est une industrie spécialisée depuis longtemps (1). Elle emploie des procédés simples et des machines à grande production dont les dispositions sont parfois très ingénieuses.

La clouterie substitue de plus en plus, depuis une dizaine d'années le fer fondu, l'acier doux au fer soudé; des aciéries livrent toute leur production aux usines à clous, soit sous forme de bandes méplates, soit sous forme de fils.

Les anciens procédés de fabrication au marteau à main, à l'enclume et à l'étampe sont encore suivis, pour quelques spécialités, dans un certain nombre de clouteries.

Les opérations comprennent l'étirage de l'extrémité d'un tronçon de verge, au marteau, sur l'enclume A ou B *(fig. 1, pl. XXXV)*; le découpage au tranchet C, d'une longueur déterminée pour faire un clou, sans la séparer entièrement de la tige, de manière à faciliter la tenue pour l'introduction de l'ébauche dans la clouyère ou cloutière D.

La séparation de l'ébauche par arrachement de la tige T; le rabattage de la tête au marteau en lui donnant la forme voulue.

L'étampage de la tête, si l'on veut accélérer le travail et obtenir des têtes bien formées.

Le dégagement du clou, de la clouyère, par un coup de marteau sur la pièce inférieure d'arrêt de la tige.

La tablette formant clouyère est disposée pour être rechangée à volonté et pour recevoir l'étampe de forme correspondant à celle du clou.

Ces procédés simples conduisent encore à une fabrication assez importante; un bon cloutier fait de 10 à 15 clous par minute, suivant les dimensions.

Les premières machines imaginées par Stoltz et Frey vers 1840, puis abandonnées et perfectionnées, ont eu d'abord en

(1) Une usine à clous du siècle dernier comportait, par exemple: une refenderie et un martinet à quatorze mentonnets, à deux marteaux, chacun occupant trois ouvriers qui fabriquaient en un jour jusqu'à douze cents clous, de trois à cinq pouces de longueur. (*Voyages métallurgiques de Jars*, 1774, 1er volume, page 180.)

Digitized by Google

vue la fabrication des pointes dites autrefois *clous d'épingles*.

En général, ces machines sont combinées de manière à produire :

1° L'avancement du fil de fer, de cuivre, de laiton ou de zinc, d'une longueur constante déterminée ;

2° A façonner la tête par refoulement du métal et par percussion ;

3° A couper la pointe en étirant l'extrémité ou en faisant une coupe oblique, au moyen de deux couteaux mis en mouvement par des cames.

Les outils travaillant le métal à froid doivent être conditionnés d'une façon spéciale ; les parties frottantes et travaillantes sont du meilleur acier trempé, résistant, ductile. La plupart des modèles de ces machines ont été établis en vue de satisfaire aux conditions principales ci-dessus, les outils présentant des dispositions modifiées suivant les dimensions et les formes des pointes.

Nous signalerons quelques-unes de ces machines intéressantes à plus d'un titre.

La machine à pointes (*fig.* 2 et 3, *pl. XXXV*) est du type Fientz (1).

Le fil de métal, enroulé sur une bobine à proximité de la machine, est engagé dans une pièce M dite *menaille*; elle tient le fil entre la pince *p* et la table T. Une bielle *aa* faisant osciller la menaille, la pince *p* se relève ou s'abaisse, et, dans ce dernier cas, elle attire le fil qu'elle maintient fortement par l'action des ressorts *rr*. La course est limitée par une vis B et par le secteur A.

Pour assurer la position du fil pendant la formation de la tête, deux grippes G actionnées par un levier C commandé par une came E, s'appuient sur le fil.

Aussitôt le mouton F frappe la tête.

Ce mouton F est guidé par des glissières ; il est mû sous

(1) *Portefeuille des Machines*, avril 1861.

Digitized by Google

l'action de deux ressorts RR qui le poussent énergiquement, au moment voulu.

La tête étant frappée, deux leviers de coupe L saisissent le fil qu'ont lâché les grippes et en tranchent la pointe entre deux couteaux d'acier.

Les leviers L sont actionnés par les cames CC montées sur l'arbre de commande de la machine.

La pointe détachée est ensuite projetée par une petite tige *t* dans une boîte placée sous la machine.

Cette tige est actionnée par une came K, aussi montée sur l'arbre moteur.

Toutes ces opérations se répètent successivement.

Les divers organes en mouvement sont montés directement sur l'arbre de commande ou sont actionnés par des pièces intermédiaires.

Les cames doivent être d'exécution précise et en acier dur pour prévenir l'usure.

La production de cette machine était de 250 pointes par minute avec un déchet de 2 à 4 0/0.

A la main, un ouvrier habile faisait 25 pointes par minute.

Les machines actuelles produisent bien davantage, suivant les dimensions et en opérant sur plusieurs pointes simultanément.

Les pointes sont achevées par un ébarbage, un polissage en tonneau rotatif octogonal, avec de la sciure de bois un peu grasse. Le frottement, les chocs suffisent pour enlever les bavures. Les pointes sont ensuite empaquetées.

Les *figures 4* à *8* (1) montrent les dispositions d'une machine dite presse à pointes.

Le mouton ou marteau à bouterolle M frappant la tête est actionné par un excentrique donnant un mouvement rectiligne alternatif et supprimant le ressort qui, dans les machines ordinaires, donne par sa détente le mouvement de percussion au

(1) Machine Cailletet et Bullaud. Brevet du 8 juillet 1889.

Digitized by Google

mouton. Les leviers de coupe L sont commandés par un galet fixé à chacun d'eux et roulant dans une rainure de forme convenable, creusée dans un cylindre calé sur l'arbre moteur.

De même le rappel du chasse-pointe C et son action sont réglés par galet se mouvant dans une came à rainure R.

La bielle B commandant les organes de l'amenage du fil métallique est de longueur variable pendant la marche. de manière à pouvoir se raccourcir ou s'allonger dans certaines phases de son parcours, produisant ainsi un temps d'arrêt dans l'avancement du fil, arrêt correspondant à l'instant où l'on fait agir les leviers de coupe et de chasse-pointe.

La came de pression est taillée directement dans l'arbre de la machine, afin de réduire son diamètre au minimum.

Avec la presse, on peut marcher plus vite qu'avec les machines à percussion, mais les pointes obtenues sont moins commerciales, parce que la tige, au moment de la formation de la tête, tend à rentrer dans les mâchoires.

La *figure 9* se rapporte à une machine du modèle Sayn présentant des dispositions analogues à celles des précédentes.

Pointes à empreintes.

Les pointes à section triangulaire, ovale ou carrée, etc., sont débitées dans du fil de section correspondante laminé à froid ou étiré à la filière avant de l'introduire dans la machine à pointes. Ou encore, on part de fil à section circulaire que l'on transforme en section voulue par le passage dans deux cylindres alimentateurs qui permettent, de plus, de produire sur la tige des saillies ou empreintes assurant une meilleure tenue de la pointe dans le bois.

Les *figures 12* à *15* montrent la configuration des cylindres lamineurs et fournisseurs pour différentes sections et types de saillies (1).

(1) Machine Tyers. Brevet du 28 avril 1890.

Digitized by Google

En variant les empreintes des cylindres fournisseurs, on peut donner aux pointes des configurations très variées.

La machine fonctionne comme suit *(fig. 10* et *11)* :

Lorsque le fil cylindrique F est alimenté entre les cylindres CC', ceux-ci sont fortement serrés par la vis de pression V.

Par l'effet de la course en avant du chariot A sur lequel sont montés les cylindres, ceux-ci sont portés en avant sans rotation et entraînent avec eux le fil qu'ils maintiennent. Une longueur de fil suffisante pour former une pointe est ainsi alimentée dans la machine.

Le mouvement du chariot A portant le bras B ou support des cylindres est produit par la bielle D, et le plateau manivelle à bras variable E solidaire de l'arbre moteur P de la machine.

Le fil étant saisi par les mâchoires M, la tête est formée par la cloutière-étampeuse K; puis les découpeurs empointeurs HH' opérant, la pointe est achevée. Tandis que le fil est saisi par les mâchoires M, le chariot A effectue sa course de retour ou arrière, qui a pour effet de faire tourner les cylindres CC' qui laminent le fil serré entre eux, le façonnent sur une longueur suffisante pour former une autre pointe.

Le mouvement de serrage et de desserrage de la mâchoire mobile M est donné par la came I et divers leviers intermédiaires. Les couteaux HH' sont également actionnés par leviers et cames comme le montre la *figure 18*; les dispositions générales sont analogues à celles des autres machines.

Clous mariniers.

Les clous mariniers dit *quatre pans* se forgent à chaud; a tige est formée par quatre outils: deux fixes et deux mobiles; le têtage du clou est obtenu par un levier de pression agissant sur deux outils mouvants. Ce sont les conditions réalisées par la machine *(fig. 1, 2* et *3, pl. XXXVI)* (1).

(1) Machine Louvrier. Brevet du 10 mars 1897.

Digitized by Google

Les quatre outils O servant au forgeage sont disposés comme l'indique la *figure 3*; les deux marteaux N font mouvoir les deux outils O′ tenus dans leurs coulisses par une vis de côté et poussés en bout par une autre vis servant au réglage; ces marteaux sont mis en mouvement par les cames S, S′ adaptées sur les arbres LL′ disposés de manière à donner un mouvement alternatif à chaque outil O′ pour qu'ils frappent à leur tour sur les outils fixes O.

Chaque marteau porte un guide qui lui est assujetti au moyen d'une agrafe, et qui sert à maintenir le fer au centre des outils; un va-et-vient F, mis en mouvement par une came, conduit la matière destinée au forgeage vers les outils.

Les marteaux se trouvent réglés par une pièce portant un coin E s'enfonçant dans K, et se réglant par une vis qui le pousse plus ou moins suivant la grosseur que l'on veut donner à la tige.

Les mâchoires, faisant un quart de tour, viennent se placer horizontalement en face des outils O, O′ pour recevoir le clou dès que le forgeage de la tige est fait; puis, se replaçant verticalement, elles supportent la pression exercée par le balancier D pour former la tête; ces mâchoires soutiennent aussi le clou pendant que la coupe se fait.

Toutes ces pièces sont mises en mouvement par la poulie J, qui communique ce mouvement aux engrenages I rechangeables à volonté, afin d'être toujours en rapport avec le nombre de coups de marteau qu'il faut donner pour forger la tige suivant la longueur qu'elle doit avoir.

Lorsque les têtes sont très grosses relativement à la section des tiges, les ébauches des clous sont préparées en ménageant le métal de la verge à l'endroit où la tête se formera et en étirant par pression ou martelage la partie devant former la tige. Puis les ébauches sont découpées et le clou reçoit ses façons finales.

Le métal peut être sous la forme de fil, verge ou de tôle découpée.

Digitized by Google

Si le fil est en botte, le dévidoir est placé près de la machine. Le fil amené au moyen de griffes G *(fig. 4)* (1) est présenté à deux étampes D *(fig. 5* et *6)* qui, de rond qu'il était, par exemple, lui donnent la forme aplatie. La pression est donnée aux étampes par des leviers T *(fig. 4)* agissant sur les coulisseaux E porte-outils.

Après cette opération, le fer se trouve reporté entre les couteaux H *(fig. 7* et *8)* taillés en bout sous forme de gorge et présentant un tranchant oblique donnant la coupe *(fig. 9)*. La gorge sert à maintenir l'ébauche sans la presser, pendant que les deux tranchants agissent.

Le clou découpé est engagé à la main dans des matrices K *(fig. 10)* qui forment la tige par pression, tout en présentant le clou à l'étampe P qui forme la tête. Les matrices K sont montées sur un porte-matrices en deux parties MN, dont l'une M est montée sur un arbre horizontal O possédant un mouvement de rotation intermittent réglé par un encliquetage RS *(fig. 11)*. L'amplitude de la rotation correspond à 1/8 de tour si le porte-outil comporte huit matrices. Ce nombre est variable suivant l'habileté du gamin chargé de présenter les clous.

La seconde partie N des porte-matrices peut se déplacer latéralement, s'écarter ou se rapprocher de l'autre pour l'engagement du clou et son serrage au moment où la tête se forme. Un levier T *(fig. 11)*, oscillant sous l'action d'une came formée sur l'arbre Q rapproche ou écarte la partie N, en lui donnant la pression suffisante à la formation de la tige du clou. Au-dessous des porte-matrices se trouve un petit levier, destiné à faire tomber le clou terminé.

Les matrices KK′ ont la hauteur de la tige du clou ; elles sont conformées suivant la forme de cette tige ronde, ovale, rectangulaire ou autre.

---

(1) Brevet Husson, 11 avril 1876.

Digitized by Google

Au lieu de découper un clou en ébauches d'about de tige, on transforme la verge en section aplatie (1) *(fig. 12, 13* et *14)* par une première pression avec mâchoires *a*, puis on lui donne la section (2) par une deuxième pression avec étampes *b* agissant horizontalement; les premières *a* agissent verticalement. Ces pressions forment la tige du clou qui est amenée dans un guide et est découpée diagonalement par les couteaux *f* *(fig. 13* et tracé *3)*. On peut donner à l'ébauche du clou la coupe *figures 15* et *16*. La tige et la tête sont ensuite achevées en matrices.

En vue d'éviter la réduction de section de la tige par pression, on emploie de la verge ou machine à section aplatie *(fig. 17)* ou à section ronde *(fig. 18)*. La première est découpée par des couteaux tels que ceux *figures 19, 20* et *21*; la deuxième donne lieu aux dispositions des *figures 22* à *26*. Puis l'ébauche est prise par un guide G *(fig. 27)* qui laisse libre la partie effilée. Ensuite le chariot mobile sur lequel le guide est monté se déplace légèrement dans le sens longitudinal de la machine, pour amener la partie effilée en regard de deux mâchoires ou matrices B'A' qui forment la tige, en même temps qu'elles dégagent l'ébauche de son guide pour l'amener en regard du marteau dans l'axe de la machine. Le marteau-étampe T agissant forme la tête, puis les mâchoires AB abandonnent le clou en s'écartant; le chariot du guide G est rappelé par un ressort dans sa position primitive pour recevoir une nouvelle ébauche.

Le guide G *(fig. 28)* est avantageusement remplacé par celui à pince *(fig. 29)*, qui peut servir pour tous diamètres. Le ressort R actionnant le levier double L se prête au soulèvement de la tête formant pince, tout en assurant la tenue de l'ébauche.

La disposition générale des outils sur la machine est indiquée *figure 30*.

MN sont les couteaux;

G, guide de déplacement;

AB, mordaches étampeuses de la tige;

Digitized by Google

T, étampeuse de la tête.

Le fil de fer rond est de préférence employé parce qu'il s'obtient plus régulièrement que tout autre au laminage; il permet de façonner les clous de toutes formes et de toutes grosseurs avec les machines basées sur les procédés d'opération ci-dessus.

Le forgeage des clous en les chauffant par un courant électrique a donné lieu aux dispositions *(fig. 31* à *36)* (1) adaptées à une machine du type Dodge.

De chaque côté du chemin que suit le flan ou ébauche A sont placées *(fig. 36)* des électrodes RR′, l'une positive et l'autre négative; toutes deux, ou seulement l'une d'elles, peuvent être mobiles et être mises en contact avec le flan ou en être éloignées.

Elles sont disposées entre l'alimentateur E, les couteaux K et au-dessous de l'arbre oscillant M, lequel est légèrement coudé de bas en haut dans le milieu, afin de donner la place nécessaire pour le dispositif de chauffage. Les électrodes sont montées *(fig. 35)* sur les bras SS′ dont elles sont isolées et qui sont articulées en S^2 avec le bâti de la machine. Un ressort U placé entre les bras tend à les écarter; ce mouvement est réglé par les pentes T′ ménagées sur une barre T articulée. L'extrémité saillante de la barre T est située sur le chemin d'un butoir ou saillie T^3, ménagé sur le côté de la came K′ *(fig. 36)*.

Le recul du flan opéré par la saillie T′ amène la partie du flan qui doit être chauffée dans la position voulue entre les électrodes RR′. A ce moment, et avant que l'action du butoir N′ rende le fléau libre, la saillie T^3 saisit l'extrémité de la barre T, pousse les parties biaisées T′ vers les bras articulés SS′ et rapproche ceux-ci en entraînant avec eux les électrodes RR′ qui viennent toucher les côtés opposés du flan

(1) Brevet du 25 mars 1890, à M. Gilbert.

Digitized by Google

et les portent immédiatement au degré voulu de température par le passage d'un fort courant électrique dans le circuit dont elles font partie. Le flan ainsi chauffé est prêt à être poussé entre les couteaux et l'enclume H pour réduire la tige à l'épaisseur voulue et pour former les côtés supérieur et inférieur du clou. N est le marteau de côté, portant la matrice mobile P correspondant avec la matrice O pour façonner les côtés et la tête du clou *(fig. 33)*.

Le flan A est guidé vers les matrices par un entonnoir I *(fig. 32 à 34)*.

Après que le flan a reçu le nombre voulu de coups des matrices, le renflement de la came J repousse en arrière le bras Z, ainsi que l'alimentateur E, ce qui ramène le flan et le clou formé à son extrémité dans la position qui convient pour la séparation du clou *(fig. 36)*.

Les clous de petites dimensions à formes de têtes variables, tiges très réduites, crénelées, à section ronde ou carrée, conique ou pyramidale, se font avec des machines analogues aux précédentes, mais qui permettent de façonner plusieurs clous simultanément.

Ainsi, en suivant la fabrication d'un même clou *(fig. 38)*, le fil de fer, pendant la première révolution de l'arbre, avance de la quantité nécessaire pour sa longueur et subit la première réduction dans la boîte à forger *(fig. 39* et *40)*.

Pendant la deuxième révolution le fil de fer est avancé derechef et la partie déjà forgée subit la deuxième et la troisième réduction par l'effet de pressions verticales et contre-pressions horizontales; puis la formation de la tête a lieu par le choc du mouton.

Enfin, pendant la troisième révolution, le fil de fer est encore avancé, et la partie dont tête et tige sont faites se présente à l'action des couteaux qui forment la pointe et du chasse-clou qui fait tomber le clou.

Les machines donnent un certain nombre de clous mal formés, des déchets qu'il y a lieu de trier.

Digitized by Google

Ce triage est parfois suivi de l'ébarbage par rotation dans des tambours, rotation que l'on prolonge plus ou moins suivant le degré de polissage que l'on veut obtenir.

Les clous tels que ceux *figures 41* et *42* s'obtiennent par deux opérations successives dans deux machines distinctes (1).

La première machine produit les clous à tête plate, carrée ou rectangulaire *(fig. 43* et *44)*; puis les poinçons qui écrasent les têtes sont modifiés suivant *figures 45* et *46*. Au lieu d'être terminés par une surface plane, les poinçons portent un évidement carré ou rectangulaire d'une profondeur telle que tout le fer destiné à chaque tête puisse se loger dans cet évidement, qu'il remplit et dont il prend la forme.

A la sortie de la machine, les clous sont passés au baril, où, par une rotation prolongée, ils sont débarrassés des bavures qu'ils portaient; puis ils sont recuits en vase clos.

Après le recuit, on procède à la deuxième opération, qui consiste dans le rabattage de la tête par une matrice recevant le choc ou la pression d'un poinçon dont la forme en creux correspond exactement au relief de la tête du clou; les *figures 47* et *48* indiquent les dispositions employées pour le rabattage.

Les clous à tige cannelée *(fig. 49)* sont obtenus par une disposition spéciale comprenant *(fig. 50)* (2) quatre outils d'acier O, qui convergent au même point quand les pièces EE' sont rapprochées, et qui s'écartent en donnant une forme pyramidale quand les deux pièces s'éloignent.

Les outils O sont, à cet effet, légèrement en chanfrein sur le bout pour produire la pyramide, et les angles légèrement abattus pour obtenir la cannelure des faces.

Les pièces EE' sont munies d'alvéoles dans lesquelles se déplacent les blocs d'appui des outils. Ces blocs ont une face d'about inclinée et leur position se règle par des vis.

---

(1) Procédés adoptés par la Société des Forges de Franche-Comté.

(2) Brevet du 30 juillet 1890. M. Rivierre.

Digitized by Google

Le clou est façonné dans une machine de type ordinaire. Le fil pénètre dans le dispositif de réduction EE′ qui est ouvert; il s'y trouve saisi comme par des griffes. La réduction s'opère pour produire la tige et en même temps l'étampeuse forme la tête. Le fil est ensuite poussé et les couteaux coupent le clou en faisant la pointe.

Les clous de fortes dimensions exigeant des pressions ou un martelage relativement énergiques sur les faces de forme pyramidale, on préfère opérer par fendage oblique des éléments dans une tige ou dans une tôle. Si on emploie une barre plate découpée d'abord en longueurs égales à celle du clou, plus un excès de métal pour la tête la largeur de la barre est environ double de l'épaisseur moyenne du clou.

Chaque tronçon est fendu obliquement, puis la tête est formée par refoulage.

Dans la machine *figures 1* et *2*, *pl. XXXVII* (1), disposée pour cette fabrication, la tige de fer T est guidée et dressée par des cylindres lisses A.

La tige T est saisie, à la sortie des cylindres, par une mâchoire B à prise intermittente par l'action d'un levier double L, mobile horizontalement pour donner la longueur déterminée.

Ces mouvements sont transmis par l'arbre intermédiaire I.

Le fendage de l'extrémité de la tige est obtenu par deux couteaux disposés obliquement par rapport à l'axe de la tige. Deux autres couteaux coupent l'élément en même temps que s'opère le fendage. Ces couteaux sont actionnés deux à deux par leviers. Les quatre leviers sont actionnés par des cames montées sur l'arbre F. Les couteaux sont montés sur des coulisseaux ou guillotines E parfaitement guidés sur le bâti.

Des pinces présentent la pièce aux couteaux fendeurs et coupeurs à longueur. Puis chaque moitié ou clou est déplacé

(1) Machine Nawrocki. *Engineering*, 4 mars 1881.

Digitized by Google

latéralement pour la formation des têtes dans les matrices avec des marteaux.

La tête achevée, chaque clou est projeté hors de la machine.

Clous laminés et frappés.

La *figure 3* est la machine à faire les clous à chaud du type Sharrow (Birmingham).

La verge V est chauffée dans un four placé sur le devant, et au plus près de la machine.

Les deux disques A et B sont disposés pour laminer, ou plutôt ébaucher, effiler la tige du clou lorsque le disque C relève le disque B vers A en suivant la progression du profil à obtenir, et que présente le gabarit G qui se loge entre B et C d'une façon intermittente, ce qui est possible par suite de la forme du disque C, à deux pans et à deux parties cylindriques. De plus, le gabarit C porté par un chariot est rappelé par le ressort R.

La forme entaillée du disque A donne également lieu à un mouvement d'avance intermittent de la verge, soit lorsque le pourtour correspondant au plus grand rayon se présente vers B et que la verge se trouve engagée.

Quand l'une des parties entaillées de A se présente en face de B, la verge cesse d'être entraînée jusqu'à ce que de nouveau une partie plus saillante détermine une avance sensiblement égale au développement de l'arc de contact.

Pendant le repos de la verge s'exécutent la coupe du clou au moyen d'une lame de cisaille à excentrique actionnée par l'arbre supérieur. Le coulisseau Q porte-cisaille sert également à maintenir le clou sur la matrice T au moment où la bouterolle U vient former la tête en C.

Cette bouterolle est montée sur un coulisseau actionné par une came, coulisseau sollicité en retour par un ressort R'.

Le clou C achevé est chassé par le suivant et tombe au-dessous du bâti.

Digitized by Google

Les profils des disques ABC et du gabarit G varient avec les dimensions des clous.

Cette machine est simple; le procédé de laminage de forme variée est avantageusement appliqué.

Les clous à empreintes tels que ceux *figure 4* s'obtiennent par le passage de la tige entre deux disques *(fig. 5)* à rainures qui la roulent lorsque le clou est à section circulaire.

Clous pour fers à cheval.

Les clous pour fers à cheval fabriqués à la machine sont ordinairement découpés dans des bandes de tôle ayant en coupe la forme *figure 12, pl. XXXVII.*

Avec la machine *(fig. 6 à 8)* (1), les opérations se succèdent de la manière suivante :

La bande A passe par un mécanisme d'alimentation automatique à leviers et roues dentées déterminant une avance longitudinale et une oscillation intermittentes telles que la coupe d'un ébauchon *(fig. 13)* se fasse obliquement à l'extrémité par un coupeur E mobile et un coupeur fixe F.

Dès que l'ébauchon est dégagé, il tombe dans un tube guideur L le livrant, la tête en bas, à une première paire de cylindres horizontaux M, dont l'un est montré séparément *(fig. 11)*. Chaque cylindre présente des empreintes de forme voulue pour opérer successivement sur deux ébauchons à chaque tour et donner le profil *(fig. 14)*; c'est-à-dire que les cylindres opèrent sur les côtés larges en aplatissant l'extrémité dont la pointe du clou doit être formée, et allongeant le corps du clou partiellement ébauché.

L'ébauchon du clou *(fig. 14)*, en sortant des cylindres M, descend le long du tube guideur jusqu'à une deuxième paire de cylindres N en dessous de la première paire, et ces cylindres N sont disposés à angle droit avec les premiers.

(1) Machine Swalwell. Brevet du 24 février 1890.

Digitized by Google

Par l'action des cylindres N, l'ébauchon prend la forme *figure 15*; les cylindres opèrent sur les côtés étroits, diminuent la largeur de la tige et forment l'épaulement sous la tête tout en allongeant aussi le corps de l'ébauchon.

De la seconde paire de cylindres, le clou est conduit à une troisième paire de cylindres P, parallèles aux cylindres M.

Les cylindres P donnent la forme *figure 16*; la tête est achevée et la tige est aplatie et allongée davantage; un biseau est formé sur les côtés opposés, laissant une mince attache vers la pointe.

Ensuite, le clou est guidé jusqu'aux outils rogneurs ou empointeurs qui séparent le déchet *(fig. 17)* et achèvent la pointe. Ces outils comprennent une matrice Q *(fig. 8)* qui est fixe, le couteau ou emporte-pièce R étant mobile.

En se retirant, l'emporte-pièce R laisse le clou libre et celui-ci tombe au bas de la machine.

Les divers tubes-guideurs sont à parois articulées *(fig. 10)* pour permettre l'enlèvement des ébauches qui ne tomberaient pas.

Au lieu d'étirer fortement la tige des clous pour fers à cheval, on peut refouler le métal pour former la tête comme l'indiquent les *figures 24* à *29* qui se rapportent à un clou de cette espèce, ou les *figures 30* à *34* qui se rapportent à tout autre genre de clou à tête prononcée (1).

Le refoulement se fait progressivement en plusieurs matrices disposées sur le pourtour d'un plateau à axe vertical E, tournant d'une façon intermittente *(fig. 21)*. Au-dessus du plateau E est placé un porte-étampes F *(fig. 18* et *19)* actionné par un excentrique circulaire G. Le porte-bouterolles F comporte cinq outils refouleurs qui opèrent pendant l'arrêt du plateau E.

Les outils sont guidés de manière à ne pouvoir dévier. Les ébauches des clous, ayant la forme *figure 22*, arrivent dans les

(1) Machine Chavane. Brevet du 1er octobre 1890.

Digitized by Google

matrices en descendant verticalement au point J *(fig. 21)*; la tige pénètre dans la matrice jusqu'à la position *figure 24* et cette ébauche est séparée des autres par un couteau porté par le coulisseau K, laissant dépasser hors de la matrice une longueur de métal suffisante pour former la tête.

L'ébauche prise dans la matrice est entraînée par le plateau; elle s'arrête en N et attend un autre déplacement; pendant ce temps, d'autres ébauches arrivent au point J, sont coupées comme la première et remplissent successivement les matrices suivantes. Au deuxième mouvement du plateau, la première ébauche amenée en O subit le premier refoulement. Un autre avancement l'amène en P pour recevoir le deuxième refoulement, et ainsi à chaque avancement jusqu'en Q où la tête est terminée.

Un autre avancement amène le clou en R et, là, le porte-outil F porte deux coins qui pénètrent entre les matrices et les séparent. Le clou tombe ou rencontre une pièce S qui le détache. Puis, les matrices écartées se rapprochent. Quand la marche est normale, il y a toujours cinq ébauches en travail et à chaque descente de F, un clou est achevé.

Signalons la disposition produisant la rotation intermittente du plateau E. Elle est obtenue par une vis sans fin, ou espèce de came C à rainures hélicoïdales, en partie pour la rotation et circulaires *(fig. 18)* pour l'arrêt. Cette vis à filets de pas intermittent actionne une roue V dont les dents ont une forme losange *(fig. 23)*. Cette roue est solidaire du plateau E et lui communique son mouvement.

La *figure 19* montre l'excentrique G et le cadre solidaire du porte-outils F.

Préparation des flans de clous à ferrer.

On prépare quelquefois les flans de clous à ferrer dans une machine spéciale, puis on les achève dans une machine finisseuse.

Digitized by Google

L'ébaucheuse *figure 1, 2* et *3, pl. XXXVIII* (1), est constituée par une série de matrices de laminage tournant dans un suppor approprié et pouvant être successivement amenées en contact avec la baguette à clous.

Sur un arbre B est monté un porte-matrices C muni d'un rebord servant à ajuster une série de pignons d'angles E. Des matrices GG sont montées sur les faces des disques G'G' et sont disposées de manière à réduire graduellement la baguette A, en agissant avec des matrices KK montées sur les faces d'un disque I.

La verge A sortant des rouleaux d'alimentation passe à travers un four F. En pénétrant entre les outils, elle est légèrement allongée et réduite en épaisseur, puis les matrices suivantes réduisent la largeur, l'allongent et la recourbent; ensuite l'ébauche subit de nouveau l'action de matrices de face et de côté et finalement, la tête étant formée, le flan est coupé.

Les clous pour fers à cheval sont encore fabriqués par laminage entre quatre cylindres disposés comme *figures 4* et *5*.

Deux des cylindres ont leurs axes horizontaux; les deux autres ont des axes verticaux.

Le cylindre horizontal inférieur est muni de deux dentures coniques engrenant avec les dentures qui correspondent sur les cylindres à axes verticaux.

Le mouvement relatif des cylindres est ainsi bien assuré.

Sur le périmètre des quatre cylindres sont disposées des empreintes correspondant à la forme des clous; ces empreintes forment une cannelure fermée dans le plan commun des axes des cylindres.

Les empreintes des cylindres AA' se rapportent aux petites faces du clou; celles des cylindres BB' se rapportent aux larges faces.

Les développements des cylindres sont en proportion du nombre de clous.

---

(1) Brevet Baunwart du 24 mai 1887.

Digitized by Google

Pour achever les têtes, les ébarber, les clous tombent dans un récipient animé d'un mouvement de rotation, puis ils sont projetés dans un second tambour armé de saillies intérieures (1).

Le laminoir à clous *(fig. 6* et *7)* les façonne dans des barres de fer chauffées, et les achève tout à fait ou à moitié, à la pointe près, c'est-à-dire que les clous sont obtenus, comme le montrent les *figures 8*, *9* et *10*, avec têtes différentes. L'empointage s'opère avec une machine spéciale analogue à celles déjà signalées.

Les outils sont les deux paires de cylindres (CC) (C'C') placées à angle droit l'une de l'autre, entre lesquelles s'engage la barre de fer B. Ces cylindres ont des biseaux latéraux, et des empreintes qui correspondent progressivement à la coupe transversale décroissante du clou, en commençant par la tête et finissant par la pointe. De plus, des entailles ou empreintes sont également disposées pour former la tête.

La paire de cylindres CC porte des couteaux A *(fig. 11)* qui séparent les clous de la tige.

Des plaques de gardes ou guides G *(fig. 12*, *13* et *14)* sont fixées près des cylindres de manière à former un conduit pour la barre de fer qui tend à dévier.

La commande des cylindres est faite par des engrenages qui assurent leur position respective. Suivant la longueur et le type de clou, les outils ont leurs parties travaillantes rechangeables à volonté (2).

Laminoir à clous de Fuller (3).

Dans le laminoir de Fuller *(fig. 16* à *19*, *pl. XXXVIII)*, la verge métallique est introduite entre deux rouleaux alimentaires RR, à travers une embouchure guide D; elle est saisie par une première paire de cylindres CC qui forment

(1) Machine Boynton-Hartford. Brevet du 20 octobre 1880. *Engineering*.

(2) Brevet Moeller et Schreiber, 20 février 1880.

(3) Brevet du 30 décembre 1887.

Digitized by Google

un blanc préalable du clou, en pressant le métal suivant les formes adoptées; le blanc est partiellement ou totalement séparé à des intervalles appropriés à la longueur du clou.

Le blanc avant de quitter la paire de cylindres CC ou cylindres supérieurs est saisi par la seconde paire de cylindres C'C' qui le pressent dans une direction transversale à celle dans laquelle il a été pressé par la première paire de cylindres. Il est alors converti en clou de forme voulue; puis il tombe dans le trou du bâti.

Les deux paires de cylindres sont animées de la même vitesse; mais le diamètre des cylindres inférieurs est plus grand que celui des cylindres supérieurs, de manière à tenir compte de la longueur d'étirage que subit la pièce.

Les pièces à empreintes sont rapportées sur les cylindres *(fig. 20)*, de manière à faciliter leur remplacement suivant le type de clou à façonner.

Machine à fabriquer les clous chauffés par un courant électrique.

La machine *figures 22* à *32* (1) se caractérise par les points suivants :

1° Chauffage continu de la barre de fer au moyen d'un charbon porté à l'incandescence par un courant électrique.

2° Laminage de la barre ainsi chauffée entre quatre cylindres pourvus d'empreintes nécessaires à la formation de la tige et de la tête des clous tels que ceux pour fers à cheval ou autres.

En avant de la cannelure formée par les cylindres *(fig. 23)*, se trouve un charbon G percé en son centre d'un trou pour le passage de la barre de fer à laminer en clous. Ce charbon est maintenu par un support S, de manière à pouvoir se rapprocher plus ou moins du point de laminage; il reçoit les deux

(1) Brevet Gombault et Rouillé du 6 décembre 1888.

Digitized by Google

fils EE′ d'une dynamo établissant un circuit électrique permanent dans le charbon, qui, sous cette influence, est porté à l'incandescence et chauffe pour ainsi dire instantanément, en raison de sa haute température, la barre de fer qui le traverse.

La barre passe d'une façon continue à la vitesse d'environ 0,20 par seconde.

La barre est maintenue par des galets CC′ placés sur le devant du laminoir.

Les clous fabriqués possèdent d'ordinaire une tige plate, mince et effilée au bout, et une tête comme *figure 25*. Le tracé en lignes pleines montre la forme de la tête des clous américains, tandis que les lignes ponctuées se rapportent à la tête des clous français.

Les clous ne tiennent pas entre eux; la pointe se détache toujours de la tête de la pièce qui suit *(fig. 26)*. Il est à remarquer que la tête est laminée en premier lieu, et que la pointe n'est produite que par un excès de métal.

La partie active des cylindres est rapportée *(fig. 27)* de façon à pouvoir être remplacée suivant la fabrication et les nécessités du travail.

Les empreintes sont pratiquées de manière à se pénétrer légèrement à feuillure, à l'effet de supprimer les bavures et d'assurer la position absolue du point de tangence des formes *(fig. 28)*.

Il convient aussi de guider la barre entre deux pièces PP′ et sur une table T réfractaire *(fig. 29)* qui est pourvue de quatre charbons portant la barre au blanc. Cette disposition est préférable à celle *figure 23*.

Cette machine permet une production intense, soit environ 500 clous à la minute; elle réalise un progrès incontestable.

Les clous à grosse tête bombée, mais très mince, tels que ceux dits *des tapissiers*, s'obtiennent par emboutissage des têtes préparées par découpage dans des feuilles de laiton d'environ 1^{mm} d'épaisseur.

Digitized by Google

Les rondelles sont estampées de manière à laisser un renflement de matière au centre avec une petite cuvette pour recevoir la tête de la tige du clou. Après estampage, la pièce a son épaisseur réduite à 1/4 de millimètre *(fig. 2, pl. XXXIX)*. Le flan étant ensuite embouti en forme de demi-sphère, le bourrelet central se sertit sur la tête de la pointe; afin que celle-ci ne soit pas déviée de sa position verticale, elle est emboîtée par une petite pince logée au centre du mandrin d'emboutissage, et un petit ressort à boudin agit pour la maintenir appuyée sur le flan *(fig. 3)*. Des machines très ingénieuses fabriquent ces clous automatiquement et peuvent produire jusqu'à 40.000 clous par jour (1).

La *figure 4* (2) se rapporte à la machine à emboutir ces clous et à sertir la tige. Elle comprend une matrice I solidaire d'un coulisseau F, qui se déplace horizontalement sous l'action de la came E à deux saillies rapportées sur l'arbre A. Le poinçon J est fixe, sa position exacte, précise, est réglée par un coin. Son extrémité est disposée pour opérer la sertissure de la tige du clou.

Au-dessus des outils est une tablette M terminée par un conduit à coulisse O qui distribue les clous préparés, la pointe glissant dans la rainure de la coulisse. La tête et la pointe sont préalablement rendues solidaires par les opérations préparatoires. Le distributeur reçoit un mouvement horizontal d'avance entre le poinçon et la matrice, un mouvement de relèvement, pendant lequel on provoque l'ouverture d'une pince qui retenait le premier clou se présentant sur la coulisse, lequel reste pris dans le poinçon; un troisième mouvement horizontal de recul, et un dernier mouvement de descente vertical pour ramener les pièces à leur point de départ.

Pendant que s'exécutent ces mouvements successifs, com-

(1) La première machine exécutant les clous de tapissier a été conçue par M. Carmoy et exécutée par M. Clément Collas *(Dictionnaire encyclopédique)*.

(2) Machine de M. Dubreuil (figure du *Dictionnaire encyclopédique*).

Digitized by Google

mandés par diverses cames, la matrice I s'est avancée en produisant l'emboutissage, est revenue à son point de départ et une pince a fait tomber le clou terminé, en dehors de la machine.

Afin d'éviter toute déchirure à l'emboutissage de la tête, cette opération est produite en deux actions successives par les deux saillies de la came E. Trop souvent, en faisant la tête d'un seul coup, il se produisait des défauts, des arrachements.

Lorsque la matrice a produit l'embouti, les ressorts HH provoquent le retour du coulisseau F en arrière.

La coulisse O pivotant en O′ est déplacée par la came P, lorsque le clou est apporté au poinçon J; cette came produit aussi le déplacement vertical. Le ressort R ramène la coulisse à son point de départ.

T est la pince à bras oscillant autour de T′; B est le chasse-clou actionné par les leviers.

Clous tordus.

Pour la fabrication des clous tordus *(fig. 1ª* et *2ª)*, la machine *(fig. 6* et *7)* est munie d'un appareil spécial (1), et fonctionne comme suit :

Le fil métallique A est amené en avant et saisi par les griffes GG′. A ce moment, le chariot d'alimentation D est ramené en arrière.

Le manchon D′ pinçant de nouveau le fil et recevant un mouvement de rotation par la crémaillère E, la partie du fil comprise entre les mâchoires GG′ et la tête du manchon se trouve tordue.

Pendant la torsion, le marteau à ressort R est dégagé par le nez de la came C et les ressorts S le lancent vivement pour former la tête. La griffe supérieure G se relève, dégage le clou

(1) Brevet Nichols du 26 janvier 1888.

Digitized by Google

et l'alimentation se faisant de nouveau, le clou présente son extrémité, sa pointe, à l'action des lames de cisaille L qui la coupent.

Les clous tordus sont débités dans du fil à section carrée, rectangulaire, triangulaire ou ovale *(fig. 5)*.

Clous découpés.

Les clous découpés se rapportent aux modèles de fortes dimensions que l'on débite dans des larges plats laminés spécialement.

Le découpage se fait dans le sens transversal de la bande, comme le montre la *figure 10*, de façon à réduire le déchet au minimum.

Ces clous sont de formes simples, à pointe angulaire ou arrondie, ou à extrémité non pointue; ils sont ou non à tête.

Le principe des machines à découper les clous est simple. Chaque clou est défoncé par un poinçon de forme correspondante et passe à travers la matrice du découpoir qui l'ébarbe.

La bande découpée s'avance d'une façon intermittente, entraînée par deux cylindres qui se rapprochent à volonté pour développer la pression nécessaire à l'entraînement.

Ces clous sont ordinairement recuits dans des fours revolvers (1).

Les clous sans tête sont débités dans des bandes de fer de largeur égale à leur longueur.

En admettant que le plan de coupe ne change pas de position, l'avancement de la bande doit se faire de manière à obtenir des clous à face trapézoïdale; il faut incliner, faire osciller à chaque coup de l'outil, la bande à gauche et à droite d'une position moyenne normale au plan de coupe de manière à produire les lignes de séparation qu'indique la *figure 11*.

(1) Aux États-Unis, la plupart des clous carrés sont découpés dans des plats de fer fondu. La production atteint plus de 400.000t, actuellement, par année.

Digitized by Google

L'opération doit être faite avec précision; elle se faisait encore à la main il y a une vingtaine d'années; l'ouvrier devait posséder une grande dextérité et une sûreté de manœuvre due à une longue pratique.

L'une des premières machines effectuant la coupe et la manœuvre en alimentation de la bande automatiquement est représentée *figures 13* et *14* (1).

La *figure 12* indique en ABCD la position de la bande pour la première coupure suivant EF.

La position de la bande pour la deuxième coupure est A'B'C'D'.

La *figure 13* est le diagramme des mouvements de la bande X. La direction OY correspond à la position de la première coupe, et la ligne OY' est la position pour la deuxième coupure, le plan de coupe étant JK. La table ABC *(fig. 13)* est articulée avec deux bielles T reliées à un levier double V pivotant en S qui reçoit son action de l'arbre de la machine.

Les oscillations du levier V déplacent angulairement la table autour d'un centre fictif O.

La bande est poussée en avant vers les cisailles, entre chaque coupure, au moyen de rouleaux d'alimentation LL *(fig. 14)*. De plus, les articulations des bielles T avec le levier V sont mobiles à volonté pour permettre de modifier les oscillations suivant les dimensions des clous.

Remarquons aussi que le centre d'oscillation O se trouve à gauche du plan de coupe, et la bande a un léger mouvement latéral de translation où la coupure est faite.

Il convient encore, pour assurer le bon fonctionnement d'une machine à découper les clous, que la bande soit tirée en arrière, éloignée du couteau au moment où celui-ci se relève. A cet effet, une bielle R articulée en P est, d'autre part, articulée avec le tourillon Q en dessous de la table.

---

(1) Machine Lawrence's of Philadelphia. *Engineering*, 21 août 1874.

Digitized by Google

Comme la table oscille autour de O, le point Q de OY se déplace et tend à décrire l'arc QQ′ de centre O. Mais, la bielle R oblige le point Q à décrire l'arc EF, et la table se trouve ainsi tirée en arrière par R de la différence de courbure des deux arcs.

La même action ramène à chaque fin de course de l'oscillation la table et la bande à leurs positions normales, la bielle occupant alors les positions R ou R′.

On voit que, par ces dispositions simples, les mouvements assez complexes de la table d'alimentation sont obtenus convenablement.

Afin de pouvoir placer un grand nombre de bandes dans la boîte d'alimentation de la machine, celle-ci *(fig. 14)* est munie d'un distributeur J que l'ouvrier remplit au besoin pour une durée assez longue, qui lui permet d'alimenter et de conduire plusieurs machines en marche.

Les bandes superposées peuvent remplir la boîte J et prennent position à tour de rôle lorsque les rouleaux d'alimentation ont entraîné la bande qui est découpée aussi loin que leur action le permet.

A ce moment le pousseur N, qui est animé d'un mouvement de va-et-vient, bute sur la barre qui s'est abaissée et la pousse entre les cylindres LL. La nouvelle barre engagée fait avancer le fragment de la bande précédente resté entre les rouleaux.

Les ressorts M et le guide G servent à maintenir les fragments pendant qu'ils sont découpés.

La fabrication des clous ordinaires par découpage automatique étant beaucoup plus économique que celle par étampage, ce procédé s'est beaucoup développé, particulièrement en Amérique et en Angleterre.

Dans la fabrication des clous à ferrer avec obtention des ébauches par découpage, les bandes de fer tendre sont laminées suivant les formes *figures 15* et *16*.

Les opérations successives consistent :

Digitized by Google

A découper à l'emporte-pièce des flans accusant la forme *figures 17* et *18*, et laissant un déchet *(fig. 19)*;

A laminer les queues des flans suivant *figures 20* et *21*;

A comprimer les flans vers leurs pointes de manière à les biseauter transversalement, ce qui a pour effet d'étendre la pointe latéralement, comme *figure 22*, et de cintrer longitudinalement, comme *figure 23*.

Les flans sont alors présentés à une matrice correspondant en forme à celle que doit accuser le clou fini.

Le matriçage enlève de la pointe l'excès de métal *(fig. 24)* et lui donne la forme achevée *(fig. 25)* (1).

Pour enlever les petites bavures, les clous sont ensuite roulés dans un tonneau.

Les clous pour fers à cheval sont encore découpés dans des bandes de profil spécial *(fig. 27, 28* et *29)* (2).

Les ébauches, découpées obliquement et sans déchet, sont recourbées aux deux extrémités *(fig. 30)*; on les redresse de telle façon que la tête du clou se trouve bien conformée, ainsi que la pointe.

Ce redressement peut se faire à froid ou à chaud au moyen de matrices *(fig. 31)*.

Le corps de l'ébauche est maintenu entre deux mâchoires CD. La mâchoire D est plus large que la mâchoire C et son profil correspond dans les extrémités au profil même du clou de manière à former matrice.

Latéralement à la mâchoire C coulissent les outils redresseurs EF, qui, agissant en dedans des parties courbes de l'ébauche, les redressent et amènent le clou à sa forme définitive *(fig. 32)*.

Clous découpés et laminés.

La méthode combinée de découpage et de laminage des clous comporte l'emploi d'une machine telle que celle *figures 33*

(1) Brevet Polsey et Chase du 31 mars 1869.

(2) Brevet à M. Husson du 4 juin 1888.

Digitized by Google

et *34)*. La bande métallique est présentée aux outils découpeurs par un mécanisme d'amenage automatique; la plaque ayant la section de laminage *figure 35* ou *figure 36*.

Le découpeur B *(fig. 37* et *38)* se meut verticalement, s'approche et s'éloigne de la matrice B, qui débouche dans le conduit incliné C, la mettant en communication avec un conduit vertical de faible longueur E, disposé immédiatement au-dessus des cylindres à empreintes F. L'ébauche, qui descend, est ainsi convenablement guidée. De plus, le conduit *figure 37* est incliné de façon que l'ébauche en descendant fait un quart de tour. Les cylindres F donnent la forme de telle sorte qu'il ne reste plus qu'à rogner la pointe pour obtenir un clou achevé. A cet effet, l'ébauche, en quittant les cylindres, tombe dans un conduit G *(fig. 34)*, un transporteur I la prend et la livre au récepteur à cadran ou disque qui sert de trémie et l'amène en face des rogneurs. Les organes de rognage se composent *(fig. 39)* d'une matrice T, du poinçon V, animé d'un mouvement alternatif. Après rognage, le clou quitte la machine par le passage U (1).

La *figure 40* montre la disposition des cylindres lamineurs, rechangeables suivant la forme prévue. Une autre méthode de fabrication est la suivante :

Une bande métallique est laminée à chaud sur section *(fig. 41)* dans le laminoir *(fig. 42)*. La bande est ensuite laminée à froid entre les cylindres *(fig. 43)* qui forcent les barbelures à rentrer, ce qui a pour effet de durcir fortement les parties renflées devant former les têtes.

On obtient ainsi une plaque *(fig. 44* et *45)*, dans laquelle les clous sont découpés comme l'indiquent les *figures 46* et *47*, soit avec un laminoir spécial, soit par défonçage.

Les plaques peuvent être simples ou doubles *(fig. 48* et *49)*.

Les *figures 50* à *53* se rapportent à l'appareil à défoncer.

---

(1) Brevet à MM. Wheeler et Loring du 7 août 1879.

Digitized by Google

Les matrices pointeuses et finisseuses AA′ sont placées par rapport aux matrices à clous, et l'une par rapport à l'autre, de façon que, lorsque la plaque à clous est alimentée et que les clous sont enlevés par les poinçons C agissant conjointement avec les matrices à clous, de nouvelles dentelures sont produites par les matrices de pointage et de défonçage, lesquelles se trouvent à la place voulue pour arriver ensuite sous les poinçons à clous. Les matrices de pointage sont terminées de façon à former des dentelures en biseau et à amener le clou à l'épaisseur convenable. Les *figures 54* à *58* montrent une méthode de découpage donnant lieu à moins de déchet avec la machine disposée verticalement (1).

Broches, crampons, clavettes.

Les broches sont des tiges d'arrêt pour pièces dont il faut assurer on non la solidarité rapidement. Si elles n'ont pas de tête, on les désigne souvent sous le nom de goupilles. Il suffit, dans ce cas, de les découper à froid dans des verges de section ordinairement circulaire ou semi-circulaire, comme pour la goupille ouverte à deux branches obtenues par pliage au moyen d'une petite machine spéciale qui forme une tête régulière.

Lorsque la goupille est conique, on l'étampe à froid ou à chaud dans une machine analogue à celles pour la fabrication des clous, qui présente, quand la goupille doit être fendue, un ciseau faisant la coupe et écartant les branches.

Les broches sont le plus souvent à tête obtenue par étampage dans une matrice et sous le choc d'un mouton armé d'une étampe de forme. L'about de la broche ordinairement arrondi ou un peu conique est matricé en même temps que la tête.

Le crampon ou clou d'arrêt extérieur à une pièce, ainsi que les clous à patte, s'obtiennent par étampage des têtes, découpage et étampage des pointes.

(1) Brevet Langhlin du 1er octobre 1880.

Digitized by Google

De même, les clavettes simples se font ordinairement en fer ou en acier et s'étirent à la barre par martelage, les têtes étant dégagées à la chasse. Ce n'est que pour les clavettes à fabrication spécialisée, se répétant en grand nombre, que l'on opère par étampage et découpage à la machine, ou par laminage de barres dans des cylindres à empreintes, barres que l'on découpe mécaniquement pour obtenir les ébauches ou pièces forgées qui sont ensuite ajustées aux dimensions définitives par enlèvement de métal. Les contre-clavettes ordinaires, celles à mentonnets ou celles à patte, sont aussi forgées par les procédés de martelage. Ces pièces ne se répètent pas en nombre suffisant pour motiver une fabrication mécanique.

La *figure 1*, *planche LX*, se rapporte à divers modèles de ces organes d'assemblage.

Crampons.

Les crampons à section polygonale *(fig. 2)* sont débités à la cisaille dans des barres de même section. On détermine la longueur exacte du bout cisaillé après avoir essayé l'étampage sur plusieurs morceaux variant en longueur de 2^{mm} en 2^{mm}.

La partie à étamper pour former la tête étant chauffée au blanc, le morceau de fer est engagé dans la matrice *(fig. 3)*; on donne vivement un ou deux coups de marteau de côté afin de porter le fer du côté du bec du crampon.

Comme pour la fabrication d'un type de crampon la commande est toujours importante, on règle au plus près la longueur à l'aide d'une plaque placée sous le porte-matrice.

Après l'étampage, les crampons sont repris pour passer à une ébarbeuse *(fig. 4)*. Le bloc de cette machine porte un tiroir à coulisse dans la lunette de laquelle se place le crampon qui n'y est retenu que par les bavures.

De l'ébarbage les crampons passent au meulage pour abattre les barbes légères et les achever.

La matrice d'étampage en fer roulé, cémenté et trempé, peut

Digitized by Google

servir pour 10.000 pièces; le poinçon en acier peut en faire 40.000.

La fabrication du crampon à section carrée est analogue à la précédente; mais, généralement, ces crampons ont un bec prononcé dont le refoulement avec du fer de section constante déterminerait un recollage que l'on évite en se servant de fers à renflements ou à nœuds *(fig. 5)* destinés à fournir la tête.

A cause des sous-gardes, il faut que les nœuds soient faits au laminage, par le cylindre supérieur, ce qui donne des bavures du côté des nœuds et détermine un ébarbage difficile de la barre avant son cisaillage en ébauches.

Pour éviter la bavure, on fait passer la barre dans une dernière cannelure *(fig. 6)* dont le joint des cylindres est au milieu de l'épaisseur du fer, la bavure est ainsi reportée sur le plat, et pour la faire disparaître, il suffit de passer les barres entre deux cylindres lisses.

Les bouts des barres à nœuds sont souvent très défectueux; au lieu de présenter une section carrée, elle est losange et les crampons ébauches ne peuvent entrer dans la matrice d'étampage. Le déchet est parfois de 300^{kg} par tonne de crampons fabriqués, tandis que 1100^{kg} suffisent à fabriquer 1000^{kg} de crampons chevilles. Dans ces 100^{kg} de déchet, les bavures y entrent pour 40^{kg} environ et le chauffage pour 10^{kg}; les 50^{kg} restant représentent les rebuts. Pour les crampons chevilles comme pour les crampons pris dans des barres à nœuds, le déchet de fabrication étant le même, il reste donc pour ces derniers 200^{kg} provenant de la défectuosité des extrémités des barres à nœuds. Le cisaillage de ces barres est réglé sur l'avant de la cisaille par le dispositif *figure 7*, dans lequel la butée se fait sur le dessous du bec du crampon.

L'étampage se fait avec tête en pleine matrice *(fig. 8)* à bavure verticale que l'on enlève au marteau et à la meule.

Ces crampons ont leur extrémité appointée. On a cherché à faire la pointe à la machine, mais cet appointage se

Digitized by Google

fait encore le plus souvent sur l'enclume au marteau à main.

Les cylindres pour le laminage des barres à nœuds ne doivent pas avoir plus de $0^m,20$ de diamètre, si l'on veut éviter de grosses bavures.

La machine *figures 9* à *12* (1), disposée spécialement pour la fabrication des crampons, comprend un disque portant quatre matrices. Chaque matrice est en quatre parties *(fig. 11, 12* et *14)*, de manière que lorsqu'un crampon est achevé et que le disque B tournant, amène la matrice en dessous de l'arbre V, les parties glissent par suite du contact avec une pièce L, et elles laissent le crampon libre de tomber.

Le disque B présente successivement les matrices à tour de rôle, avec moment d'arrêt, à l'action de l'étampe D montée sur le mouton actionné par excentrique J.

La rotation intermittente du porte-matrices est commandée par l'arbre supérieur au moyen de l'excentrique E actionnant un encliquetage à un quart de tour.

Machine à façonner les goupilles.

La fabrication mécanique d'une goupille comporte l'emploi d'une machine *(fig. 15)* (2).

Le fil F est introduit dans l'appareil dresseur à galets D; c'est par la traction en avant que se fait l'avance et le dressage.

Le fil passe dans le guide E et sous le disque A muni d'un ressort assurant une certaine pression sur le fil.

Un chariot à pinces G animé d'un mouvement de va-et-vient produit l'alimentation intermittente. Lorsque le chariot avance, le disque A détermine un pincement suffisant pour entraîner le fil; quand il recule, le fil n'est plus serré et reste en place.

Lorsque le fil est avancé de la quantité voulue, un poinçon-

(1) Machine par Bœcker et Cie, brevet du 3 avril 1889.

(2) Brevet de M. François du 4 juin 1888.

Digitized by Google

mandrin O commence à descendre, fixant ainsi le fil dans la partie échancrée de deux mordaches et une cisaille H coupe le fil. Le poinçon O continuant sa descente, plie le fil en forme de V dont la tête est appuyée sur la pièce U, puis des pinces RR′ se rapprochent l'une de l'autre et achèvent le pliage tout en formant la tête sur le mandrin O légèrement conique.

Lorsque la goupille est ainsi achevée, une tige à tête T la retire du mandrin O et la déverse sur la gouttière P *(fig. 17)*.

Les divers organes prennent leurs mouvements sur l'arbre K actionné par courroie ou par manivelle M.

Fabrication des gonds.

Ordinairement les gonds se coupent de longueur et sont étampés, puis l'étirage des pointes se fait dans une machine spéciale; ou bien la pointe est formée par coupe analogue à celle des pointes ordinaires, ce qui produit un certain déchet.

On les façonne de préférence sans perte de métal en matriçant la pointe et en opérant avec une machine telle que celle *figures 18* à *22* (1).

L'alimentation du fil donne une longueur voulue et la tige reçoit une première pression *(fig. 20)* par les outils K. Aussitôt les outils se séparent et une seconde pression *(fig. 21)* est donnée par les étampes N.

L'alimentation se produisant, la partie ébauchée se présente à une troisième paire d'étampes R *(fig. 22)* qui produit la forme et sépare l'ébauche qui se trouve saisie entre deux mâchoires et est pliée par un outil additionnel, puis parachevée par une étampe en vue de donner à la tête la forme d'un petit bourrelet.

Laminage des crochets.

Les crochets tels que ceux *figure 23* se forgent au laminoir, de la manière suivante :

(1) Machine Japy et Cie. Brevet du 5 novembre 1890.

Digitized by Google

Les deux cylindres *(fig. 24)* sont pourvus d'empreintes donnant la forme en section et en profil. La pièce est introduite de champ, et elle garde sa position verticale tant que se lamine latéralement la partie droite du bec ou crochet; mais, arrivée au talon, la creusure cesse dans l'un des cylindres, et une rainure plate se présente dans l'autre cylindre, de telle façon que la pièce se retourne d'elle-même d'un quart de révolution et qu'elle se trouve laminée à plat et horizontalement dans toute la partie courbée, comme *figure 23* (1).

C'est ce retournement automatique de la pièce qui, en changeant le sens dans lequel le fer est comprimé, produit la conformation du crochet entier sans fatiguer le métal.

Chaque pièce est découpée sans déchets dans une barre de largeur convenable à la cisaille ou à l'emporte-pièce, qui la tranche obliquement pour lui donner la forme approximative d'un losange *(fig. 24)*. Le laminoir a les dispositions *figures 25* et *26*.

Fabrication des rivets.

Les rivets sont des tiges métalliques généralement munies d'une tête venue de fabrication, qui servent à assembler à demeure deux ou plusieurs pièces entre elles par la formation d'une deuxième tête.

Les rivets sont ordinairement à tige cylindrique, les têtes présentant des formes variées *(fig. 1, pl. XLI)* obtenues par étampage en suivant les procédés adoptés pour les crampons ou les clous.

Autrefois les besoins étaient restreints aux rivets de petites dimensions pour former les clouures des tôles minces. Avec la construction des chaudières et surtout avec les grandes ossatures métalliques des ponts, charpentes, bateaux, appareils divers, la fabrication des rivets de fortes dimensions dut se développer et mettre en œuvre des millions de kilogrammes de métal, à

(1) Brevet Suquet du 15 juillet 1869.

Digitized by Google

l'aide de machines spéciales qui supplantèrent les procédés ordinaires à la main.

Cette fabrication s'est aussi spécialisée dans une certaine proportion; ou bien elle est annexée à une industrie similaire.

Les petits rivets ordinaires à tête plate pour la serrurerie se fabriquent comme les clous, soit à la main au moyen d'une cloutière, soit le plus souvent à la machine et à froid.

Si la tête est bombée, on l'achève à la bouterolle.

Les gros rivets se font encore, mais exceptionnellement, à la main, en coupant des bouts de longueur convenable dans une barre ronde; puis, les chauffant au blanc soudant, on les introduit successivement dans une étampe disposée sur une enclume spéciale dite *lombarde (fig. 2)* pour former la tête en rabattant d'abord le métal au marteau, puis en achevant la tête à la chasse-bouterolle.

La lombarde est munie d'une broche d'acier actionnée par un levier à bascule; cette broche dite *bonhomme* sert à chasser le rivet de l'étampe en frappant sur le levier.

La production journalière peut s'élever de 250 à 400 rivets, suivant le diamètre.

La lombarde ou tas de boulonnier est disposée pour recevoir diverses étampes, tranchets à guides que l'ouvrier utilise au besoin.

La bonne fabrication des rivets dépend essentiellement du cisaillage à longueur convenable. On a soin tout d'abord de couper cinq ou six tiges dont la longueur varie de 2^{mm} en 2^{mm}, et que l'on étampe. Suivant que la tête est formée avec plus ou moins de bavures, la longueur de la tige ébauche est trop longue ou trop courte.

La longueur donnant une tête bien formée, bien fournie et sans trop de bavures est celle que l'on adopte.

Pour que le cisaillage soit bon, il importe que le guide, tout en limitant la longueur du bout cisaillé, serve de repos à l'extrémité qui bute; on obtient ainsi des coupes bien droites et, par suite, des quantités de fer égales.

Digitized by Google

Les matrices pour le refoulage de la tête sont faites en fer roulé et soudé de première qualité à grain fin. Elles sont cémentées, puis trempées. Si elles étaient en acier, de quelque qualité que ce soit, elles se briseraient après avoir fait un petit nombre de pièces; elles ne sauraient résister aux chocs répétés du travail, tandis que les outils en fer peuvent en moyenne façonner de 9.000 à 10.000 rivets pour la coquille et de 3.000 à 4.000 pour la matrice inférieure qui se fendille et s'émousse.

La concordance des outils, leur bonne tenue et leur guidage exact sont des conditions essentielles d'une bonne fabrication.

Le porte-matrice ne doit pas avoir un trou d'un plus grand diamètre que celui de la matrice parce que, si le fer engagé était chauffé plus qu'il est nécessaire sur la longueur, il se refoulerait derrière la face d'appui de la matrice et on ne pourraient facilement retirer le rivet.

La position du porte-matrice est parfaitement réglée, suivant la longueur, au moyen d'une cale sur laquelle s'applique la tige à refouler *(fig. 3)*.

L'emboîtement des outils avec les porte-outils est légèrement conique, de manière à assurer un ajustage précis.

Suivant la disposition des machines à étamper les têtes, les matrices peuvent différer dans leurs assemblages.

Les machines pour petits rivets à têtes étampées à froid sont de constitution semblable à celles pour les clous. On y retrouve *(fig. 4* et *5)* :

Une tablette avec organes de dressage de la tige;

Un dispositif d'alimentation automatique par mâchoires et leviers permettant de régler le mouvement d'avance suivant les longueurs de rivets à obtenir;

Une cisaille coupant la tige à longueur voulue;

Une étampeuse formant la tête;

Un chasse-rivet le projetant hors de la machine.

Ces machines sont construites sur différents modèles pouvant produire des rivets jusqu'à 16^{mm} de diamètre avec du fer mou ou

Digitized by Google

de l'acier extra-doux. La tige dirigée à travers la tête du bâti est cisaillée après son introduction dans le bloc N actionné par le levier L commandé par une came K. Lorsque la pièce N se trouve au bas de sa course, l'étampe D agit et forme la tête; puis elle recule, le bloc N remonte et le rivet est chassé par la tige qui s'introduit à sa place. Les *figures 6* et *7* se rapportent à un dispositif d'amenage à galets commandé par encliquetage, que l'on adopte de préférence à celui à mâchoires lorsque le diamètre est relativement fort (1). La production journalière de ces machines s'élève à 50.000 pour des rivets de 4^{mm} de diamètre à 25.000 pour ceux de 10^{mm}.

Pour les gros rivets fabriqués à chaud, les bouts ou tiges métalliques sont d'abord cisaillés au moyen de cisailles à guillotine, à dispositions spéciales et à guides réglant la longueur des tiges comme le montre la *figure 8*.

Les tiges sont ensuite chauffées dans des petits fours spéciaux à la température qui convient à la nature du métal en vue d'obtenir des têtes non fendillées et bien nettes.

Les tiges de moins de 100^{mm} peuvent être chauffées entièrement; pour les longueurs supérieures, on se contente de chauffer l'une des extrémités dans un four à lanterne tel que celui *figure 9*.

Lorsque la confection des rivets est peu importante et se rapporte, par exemple, à un atelier de construction façonnant lui-même ces pièces, on peut transformer une machine à poinçonner ou une cisaille en étampeuse.

Le coulisseau porte-outil est armé d'une étampe. Sur le bâti est disposé un tas avec matrice pourvue d'une tige bonhomme pour chasser le rivet achevé. On peut ainsi obtenir de 10 à 15 rivets par minute.

Les presses à frapper à vis actionnée mécaniquement par plateaux de friction se prêtent aussi à la fabrication des rivets de tous diamètres.

---

(1) *Publication industrielle des machines*, par Armengaud ainé. (Machine de Sayn, vol. VII. 1883.)

Digitized by Google

Les *figures 1*, *2* et *3*, *planche XLII*, se rapportent aux dispositions adoptées par M. Sayn.

La matrice en acier rechangeable suivant le diamètre du rivet s'emboîte à frottement dur dans une pièce à collets multiples rapportée sur la traverse du bâti. De plus, pour assurer la tenue correcte de la matrice, ce qui est très important, elle est emboîtée par une bague conique solidaire d'une petite couronne ou chemise fixée par boulons sur la traverse.

La tige bonhomme I chassant le rivet est actionnée soit par un bloc de fonte H manœuvré par levier à contrepoids, soit par le coulisseau porte-étampe E au moyen d'une tige MN, reliant E à une traverse solidaire de I. Le bonhomme I est réglé en position par le coin R. La bouterolle est parfaitement ajustée sur le coulisseau E. Le choc est violent sur la tige du rivet, et l'on obtient des têtes bien formées et bien concentriques avec cette machine pouvant frapper 20 à 30 pièces par minute (1).

Les machines spécialement disposées pour la fabrication des gros rivets à chaud ont été en premier lieu utilisées en Angleterre vers 1830.

Elles comprennent un plateau porte-matrices animé d'un mouvement de rotation intermittent ou continu présentant les tiges à l'action d'une étampe animée d'un mouvement rectiligne alternatif. L'étampe écrase le métal, forme la tête; un dispositif avec bonhomme chasse le rivet de la matrice.

Les *figures 4* et *5* (2) se rapportent à une telle machine munie d'un appareil d'alimentation automatique. La barre chauffée à haute température, dans un four à proximité de la machine, est saisie par deux galets G à action intermittente présentant et réglant la longueur de tige T à cisailler par les outils tranchants CC′ de la machine.

---

(1) *Publication industrielle des machines*, par Armengaud aîné. (27e volume, 1883.)

(2) Machine Watteau, peu différente du modèle Poole, l'un des premiers appliqués en Angleterre.

Digitized by Google

La tige coupée est engagée automatiquement dans l'une des matrices du plateau P qui l'amène en regard de l'étampe E actionnée par excentrique.

Le mouvement du plateau est produit par l'action d'un encliquetage dont le rochet de douze dents correspond à l'amptitude angulaire des douze matrices.

Le plateau est excentré par rapport à un disque D fixe disposé à l'intérieur sur lequel s'appuie chaque bonhomme qui sert de soutien au moment de l'étampage de la tête, et, ultérieurement, chasse le rivet hors du plateau.

Signalons que le disque D peut à volonté être réglé en position, de manière à s'excentrer plus ou moins par rapport au centre du plateau P, ce qui facilite le réglage pour laisser déborder la tige à refouler de la longueur voulue, ce qui permet aussi avec le même bonhomme de confectionner des rivets à longueur de tige variable. Les matrices sont refroidies en les plongeant dans une cuvette d'eau. La production peut atteindre de 600 à 800 rivets à l'heure. Remarquons que l'étampe E ou bouterolle est montée sur un coulisseau articulé à une bielle rigide articulée à un tourillon de manivelle ou arbre coudé. Il peut arriver que l'excès de métal pour la tête soit trop grand ou détermine un effort trop considérable sur les organes. Afin que cet effort ne dépasse pas une certaine limite, on interpose entre l'étampe E et le coulisseau F une douille de fonte S qui s'écrase et sert d'organe de sûreté, de limiteur d'effort.

La *figure 6* est une des dispositions adoptées par De Bergue. Elle comprend une cisaille pour couper les tiges à froid que l'on chauffe dans un four à proximité de la machine.

Les matrices, au nombre de huit, sont encore disposées sur un plateau à axe horizontal présentant chaque tige à l'action de l'étampe montée sur un coulisseau actionné par bielle et excentrique.

Le plateau est animé d'un mouvement de rotation continu,

Digitized by Google

mais assez lent pour éviter que la tête du rivet ne soit pas concentrique avec la tige; l'action de l'étampe se produisant d'aillleurs rapidement et suivant le rayon du plateau, on obtient une fabrication ne laissant rien à désirer.

Machine de Gouin.

La machine de Gouin *(pl. XLIII)* se distingue des précédentes en ce que le plateau porte-matrices est à axe vertical. Il comporte 10 matrices *(fig. 6)* qui successivement viennent, par l'action d'un encliquetage à leviers *(fig. 9* et *4)*, se placer au-dessous de l'étampe-bouterolle. L'encliquetage est actionné par un excentrique monté sur l'arbre supérieur de la machine *(fig. 1, 4, 13* et *14)*. Chaque matrice est munie d'un bonhomme de déchassage du rivet, également actionné par excentrique et levier *(fig. 1, 2, 9* et *10)*.

L'ensemble de la table porte-matrices est assemblé à glissière avec le bâti et peut se déplacer verticalement soit lorsqu'on veut régler la distance entre les outils, soit lorsque la pression étant trop forte, elle fait osciller le levier inférieur sur lequel cet ensemble prend appui, ce qui permet de limiter la pression maximum et dispense d'employer un organe de sûreté pour les organes du porte-bouterolle. Ce dernier se déplace verticalement, guidé dans des glissières du bâti et commandé par une bielle articulée à un tourillon d'arbre excentré.

Afin de refroidir la bouterolle, on a disposé *(fig. 7* et *8)* un tuyau d'amenée d'eau qui se répand sur le pourtour de l'outil et se déverse autour de chaque matrice, puis remplit le vide ménagé au centre du porte-matrices. Un petit tuyau de trop-plein donne passage à l'excès d'eau.

Cette machine comporte aussi une cisaille *(fig. 2, 3, 11* et *12)* placée sur l'une des faces latérales du bâti.

Cette machine est établie pour faire les rivets de gros diamètres dans d'excellentes conditions.

Quelquefois deux machines sont disposées côte à côte comme

Digitized by Google

figure 7, planche XLII (1) et sont actionnées par une même courroie.

Ces machines sont encore caractérisées par l'emploi d'une seule matrice montée sur un tas à déplacement transversal facilitant la mise en place de la tige.

Ou encore la machine est actionnée directement par un moteur à vapeur comme *figure 8* (2). Le plateau porte-matrices est à axe vertical.

Ebarbage des têtes de rivets.

L'excès de métal qui assure la formation d'une bonne tête à un rivet détermine une bavure de pourtour qu'il est nécessaire d'enlever.

Cette opération se fait par découpage en matrice ou ébarbage au moyen de petites machines. Celle de Sayn *(fig. 9)* comporte un enfonçoir E mû par vis à balancier manœuvrée à la main. Celle de De Bergue *(fig. 10)* est mue mécaniquement; le rivet est posé sur une matrice oscillante, le défonçoir est adapté à un coulisseau-guillotine portant en outre à la partie supérieure des lames de cisailles pour débiter les barres rondes en tiges de rivets.

Visserie, boulonnerie.

Fabrication des vis d'assemblage.

Les vis d'assemblage sont les seules que nous ayons à considérer ici. Elles sont constituées par des tiges métalliques (fer, acier, cuivre, laiton), ordinairement filetées sur une partie de leur longueur et présentant une tête pour la manœuvre.

On distingue les vis par la forme donnée au filet, suivant qu'elles prennent écrou dans une matière peu dure, bois, cuir, ou suivant qu'elles s'assemblent avec une pièce métallique.

Selon les dimensions de la tige de vis, les têtes affectent des

(1) Constructeur Grice et Sons, Birmingham.

(2) Constructeur James Miller, Glasgow.

Digitized by Google

formes assurant la solidité pour la manœuvre et facilitant celle-ci au moyen de leviers appropriés.

Le métal le plus employé est le fer fondu très doux pour les petites dimensions qui se façonnent à froid. Les grosses vis dites *tirefonds* se font en acier doux ou fer fondu et s'exécutent à chaud.

Vis à bois.

Les petites vis à bois fabriquées par les procédés ordinaires donnent lieu aux opérations suivantes :

1° Coupe du fil métallique en tronçon exigé pour la confection d'une vis.

2° Estampage d'une tête brute sur une extrémité de la pièce précédente, en refoulant le métal dans une matrice au moyen d'une machine dite *machine à têter*.

La pièce est alors dénommée *flan de vis*.

3° L'ébarbage de la tête entière ainsi produite pour parfaire sa forme et lui donner la dimension voulue.

4° La formation d'une fente en travers de la face d'about de la tête.

5° Le réébarbage de la tête pour l'enlèvement du morfil produit dans l'exécution de la fente.

6° L'excision du métal au bout opposé pour le réduire en pointe.

7° Le filetage de la vis en découpant une gorge hélicoïdale par coupes répétées de l'outil fileteur ou par le procédé de laminage.

Dans ces opérations, on enlève environ 30 à 40 0/0 de métal. Nous n'avons à considérer que les procédés sans enlèvement de matière, en négligeant les autres.

Les ébauches des petites vis à têtes étampées à froid sont faites avec des machines analogues à celles pour rivets et clous, en refoulant le métal de la tête progressivement, ce qui exige une matière malléable ductile telle que le cuivre, le laiton, le fer doux et particulièrement le fer fondu, qui est aujourd'hui employé de préférence.

Pendant le refoulement de la tête, on a soin de façonner la

Digitized by Google

rainure pour le tournevis si la tête en comporte une, soit lorsque la tête est simple, de forme conique, ou sphérique, ou cylindrique. Les grosses vis comportant des têtes prismatiques et que l'on appelle tirefonds se façonnent à chaud.

Les ébauches proviennent de morceaux découpés à longueur à la cisaille que l'on réchauffe dans des fours spéciaux et qu'on livre successivement à la machine à étamper pour former la tête d'un seul coup.

Les têtes de vis présentant une rainure partielle au lieu de la rainure ordinaire diamétrale donnent lieu à des opérations particulières qui se succèdent sans déformer la tête outre mesure, et sans laisser une insuffisance de métal aux extrémités fermant la rainure.

La tige découpée et empointée *(fig. 1* et *2, pl. XLIV)* donne une première ébauche *(fig. 3)*. La deuxième opération consiste à donner à la tête la forme *(fig. 4* à *7)*, la face de la tête étant empreinte de nervures ou saillies en forme de croissant et de nervures parallèles qui sont la contre-partie des empreintes de l'étampe *(fig. 10)*. L'ébauchon partiellement entêté est finalement achevé par l'outil à empreindre ou à rainer, dont la partie saillante *(fig. 11)* opère sur la face de la tête, suivant une ligne à égale distance des saillies parallèles et qui coupe partiellement en deux parties égales chacune des nervures en forme de croissant. Tandis que le métal s'étend vers l'extérieur à chacun des plus longs côtés de l'outil entêteur *(fig. 11)*, les saillies sont écrasées par la face plate de l'outil et repoussées vers les extrémités de la rainure fermée et l'arrondissement des bords de la rainure est empêché (1). Les *figures 12* sont des variantes.

Les procédés adoptés par la Société *The American Screw Company* (2) comportent les opérations suivantes :

1° La tête d'une vis, y compris la fente, est formée sur le bout

(1) Brevet du 20 juin 1890, MM. Nettlefold et Sheldon.
(2) Brevets du 11 juin 1889.

Digitized by Google

d'une baguette de fil métallique à convertir en vis par estampage et forgeage.

2° La portion du fil sur laquelle une tête a été formée est simultanément tranchée et pointée à la forme et de la façon voulues pour permettre de forger un filet de vis.

3° La partie filetée est formée en laminant le corps du flan de vis entre des matrices qui forcent le métal à s'étendre radialement dans des rainures de la matrice, qui donnent la forme du filet.

Les *figures 13 à 26* se rapportent à la machine et aux outils employés.

Le fil métallique A passe d'abord par une série de rouleaux redresseurs. Puis, il est saisi par des griffes d'alimentation à mouvement alternatif qui le font avancer de la longueur utile.

Il est pincé par des mâchoires de serrage B qui le maintiennent solidement contre l'action des marteaux ou matrices à têter C qui forgent la tête. De ces mâchoires le fil passe à travers une matrice dite pleine D dans laquelle la tête doit être formée. Cette matrice se compose d'une seule pièce, dans laquelle est pratiqué un trou du même diamètre que celui du fil et au travers duquel le fil est amené par les dispositifs d'alimentation. Sur le côté opposé à l'alimentation, le trou est agrandi suivant la forme de la tête; le métal qui déborde est refoulé par les marteaux qui le forcent à remplir la cavité.

Les *figures 16 à 18* représentent l'action de chacun des trois marteaux. Le premier ne fait guère que raccourcir la partie saillante du fil et augmenter son diamètre. Le deuxième comprime davantage le métal et le dilate contre la surface de la matrice. Ce marteau donne une forme temporairement courbe à la face de tête pour la préparer à l'action du troisième marteau *(fig. 17)* et à celle du marteau finisseur *(fig. 18)* muni d'une languette F formant la fente. Les *figures supplémentaires 1' à 13'* sont des variantes.

La tête étant formée, on fait avancer le fil de la distance voulue pour la longueur de la vis à produire. Le flan est

Digitized by Google

alors séparé du fil par la coupe qui s'effectue en même temps que le pointage au moyen d'une paire de matrices S dont l'une est représentée *figure 19*. Ces matrices sont pressées contre le fil, en comprimant le métal et le coupant. En même temps, le bout du fil est amené à une forme arrondie *(fig. 19)* avantageuse pour le forgeage de la tête suivante.

Le seul déchet de métal correspond aux bavures O *(fig. 24* et *25)*.

L'opération finale du filetage des filets de vis s'effectue au moyen de deux matrices M entre lesquelles est laminé le flan *(fig. 26)*.

La *figure 23* montre le flan pendant l'opération de laminage et fait voir la manière dont le métal est forcé de s'étendre dans les rainures des matrices.

La *figure 20* est un plan de la face de travail d'une matrice; la *figure 22* est une coupe transversale.

Avec ces matrices, la pression sur le métal vers l'axe du flan est limitée au commencement de l'opération et s'étend sur une partie relativement petite du métal déplacé. Les parties de travail d'une matrice M sont les côtés R entre les rainures I, et l'inclinaison de leurs côtés adjacents l'un vers l'autre est constante d'un bout de la matrice à l'autre.

La hauteur de chaque côté et la largeur de sa face au sommet varie dans toute sa longueur et est déterminée en tous les points par la profondeur des rainures adjacentes. Cette face de dessus, qui est de niveau, affecte la forme d'un coin en tronc de cône très étroit à gauche, où le laminage commence, mais plus large au bout opposé. Cette largeur ou face des côtés R au bout finisseur est la même que celle du noyau de la vis reposant entre deux pas adjacents.

Pour laminer les filets, les flans sont placés dans une trémie reliée à une machine spéciale *(fig. 14)* munie des matrices M. On y voit un flan H en position pour le laminage. Les flans sont maintenus dans une position verticale entre les bouts opposés des matrices, et, en supposant une matrice fixe, quand la matrice mobile est portée en avant, le flan est saisi

Digitized by Google

et laminé entre elles jusqu'à ce que la matrice mobile dépasse le bout opposé de celle fixe et en tombe alors à l'état achevé *(fig. 15)*.

Dans ces opérations successives, le métal ayant été fortement comprimé à froid, on obtient des vis résistantes. On peut donner les diverses formes des *figures 1"* à *16"* plus convenables que les formes ordinaires pour opérer par laminage.

Le degré de perfection du filet de vis dépend de la disposition rationnelle des empreintes des matrices qui doivent agir progressivement pour déplacer le métal.

Afin d'assurer le calibrage des ébauches avant le commencement du filetage et de mieux répartir l'effort nécessaire au laminage, la matrice telle que celle *figure 28* (1) roule d'abord le flan sur une partie lisse. Puis successivement les empreintes attaquent les diverses parties de la tige en débutant vers la tête pour finir par la pointe.

Les deux plaques fileteuses sont l'une fixe ou l'autre mobile, ou toutes deux mobiles, auquel cas la vis tourne sur place, les mouvements relatifs étant évidemment les mêmes.

Depuis quelques années, il est assez usuel de terminer la tige des vis à bois d'une pointe en vrille permettant d'introduire la vis sans avoir besoin de percer préalablement un trou de logement.

Cette vis s'obtient non seulement par filetage à l'outil coupant, mais aussi par le procédé de roulage, de laminage de la vis entre matrices telles que celles *figures 29* à *31* (2) présentant une série de rainures et côtes parallèles inclinées, disposées suivant deux ou plusieurs terrasses, à dimensions progressives.

Les matrices peuvent être planes et animées d'un mouvement rectiligne alternatif, comme dans la machine indiquée précédemment, ou bien, les matrices sont courbes ou cylindriques et rotatives.

---

(1) Brevet du 5 mai 1892. Société « la Visserie belge ».

(2) Brevet du 11 novembre 1890 à la Société *The American Screw Company*.

Digitized by Google

Avec les matrices *figures 29* et *30*, le métal se modèle mieux. La partie inférieure, destinée au filetage de la pointe, est coupée de façon à ne pas engager la pointe du flan avant que les côtes aient commencé à former convenablement la partie cylindrique du flan.

Le fil de fer ordinaire servant à la fabrication des vis étant étiré en grandes longueurs, les extrémités opposées d'une bobine présentent des différences relativement grandes de diamètre provenant du laminage à des températures différentes.

Ces différences rendent le travail du filetage à froid par rouleuse plus difficile; les grosses ébauches s'écrasent et engorgent les outils fileteurs.

Afin de remédier à cet inconvénient, on donne dans les fileteuses à matrice fixe et à cylindre tournant, la faculté à la matrice fixe de se déplacer tant soit peu dans le sens perpendiculaire à l'axe de rotation de la matrice tournante.

A cet effet *(fig. 32* et *33)*, la matrice à face concave B s'appuie contre deux ressorts RR′ maintenus au moyen de deux vis VV qui permettent de régler à volonté la position relative des organes suivant le diamètre de la pièce, et pouvant néanmoins céder lorsqu'une ébauche trop forte passe entre les outils.

La vis D sert à régler la position de la matrice, mais ne s'oppose pas à son écartement de l'outil A (1).

Machine Sloan.

Dans cette machine, les cylindres fileteurs sont disposés sur le bâti portant également les outils formant le blanc.

On y retrouve *(fig. 1, pl. XLV)* la tige métallique T, présentée à l'action du marteau M façonnant la tête, les couteaux C ou cisailles montées sur les leviers L *(fig. 2)*, coupant l'ébauche. Une pince P *(fig. 3)* transportant le blanc des organes façonneurs aux organes fileteurs RR′ qui le prennent et le roulent

(1) Brevet Harvey du 11 juin 1883.

Digitized by Google

pour former les filets. Les deux cylindres RR′ tournent dans le même sens, mais à des vitesses un peu différentes (1/10 environ), ce qui a pour effet d'imprimer à la pièce un glissement relatif polissant les surfaces. Ces cylindres ont des cannelures hélicoïdales dont l'inclinaison est inverse de celle des filets de la vis. La disposition du cylindre *(fig. 13)* correspond aux vis terminées en vrille.

Les *figures 7* à *12* montrent divers types de vis en blanc et achevées, avec ou sans renflements vers la tête. Les *figures 4, 5* et *6* sont des vis au marteau dont la pointe plate est obtenue par les outils coupants C (1).

Le filetage des vis à froid, sans enlèvement de matière, se fait aussi entre deux outils dits *fileteurs*, dont les surfaces sont partiellement rainurées *(fig. 14)* (2).

L'un des outils F possède un mouvement rectiligne alternatif, et tous deux tournent lentement, de manière à fileter, d'une façon graduelle, le filet et la rainure de la vis, qui, une fois achevée, se dégage aisément.

L'opération se fait en commençant par la partie supérieure du filet, vers la tête; elle s'achève par la pointe.

Les ébauches descendent le long du plan incliné P *(fig. 15* à *18)*; chacune est saisie par les filières et se trouve roulée et filetée alternativement le long de la filière F′ autant de fois que la filière F va et vient pendant la rotation partielle des outils produite par les cames CC′.

A la fin de l'opération, la vis est rejetée d'entre les filières.

Lorsque les vis sont cylindriques, les surfaces actives des outils F et F′ sont concentriques avec leurs axes.

Fabrication des tirefonds.

Quelle que soit la forme de la tête des tirefonds, ils se prennent dans du fer rond de diamètre égal à celui de leur

(1) Brevet du 26 août 1882.
(2) Brevet Ladd, 1er février 1887.

Digitized by Google

corps. Pour régler la longueur des tiges au cisaillage, on opère comme pour les rivets en exécutant quelques échantillons.

Pour les tirefonds à tête à six pans *(fig. 19)*, le refoulement se fait généralement en deux chaudes *(fig. 20* et *21)*. Le refoulement peut se faire en une opération, mais les rebuts sont alors nombreux.

Ce que l'on recherche dans le premier refoulement, c'est de ménager une certaine quantité de fer plutôt qu'un ébauchage de la tête, c'est de prévenir la flexion de la tige donnant ensuite lieu à un écrasement défectueux, à des bavures d'un côté, à un manque de fer de l'autre côté. Comme l'indique la *figure 20*, le profil de la matrice est semblable à celui de la coquille; une couronne de coups de pointeau existe dans la matrice pour que l'impression du fer dans ces empreintes retienne la pièce et l'empêche de remonter avec la coquille.

La *figure 21* montre que la bavure n'est pas horizontale; l'outil refouleur est chanfreiné sur ses arêtes; la matrice l'est également, ce qui donne un dégagement plus facile aux bavures à égalité de pression sur la tête.

Pour l'ébarbage, il faut recourir au centrage exact de la tête. La pression de la machine se donne sur une douille qui emboîte avec jeu le corps du tirefond *(fig. 24* et *25)*. Cette douille coulisse dans une deuxième servant d'appui à un ressort tendant à maintenir la première relevée. Puis ces douilles sont prises dans une pièce à manette et à charnière; pour emmancher ou sortir le tirefond, il faut faire décrire à cet ensemble un angle droit. La charnière rattache cette pièce à manette au porte-matrice; la lunette ou matrice d'ébarbage y est centrée par quatre vis, et la pièce à manette étant abattue, tombe dans une encoche du porte-matrice; ces deux pièces ainsi assemblées, le tirefond étant à l'intérieur, il suffit d'amener le tout sous l'outil produisant la pression. La première douille descend alors en entraînant le tirefond, la bavure reste sur la matrice, le tirefond passe à travers la lunette; on ramène

Digitized by Google

alors l'ensemble à une autre position permettant de retirer la bavure et on place un autre tirefond.

Les tirefonds à tête surmontée d'une partie prismatique *(fig. 22)* se font en une seule chaude, si la tête est peu large, le refoulement étant précédé du forgeage de la partie carrée (en étampes *(fig. 23)*. Si la tête est large, on opère en deux chaudes. Les tirefonds à tête large subissent d'abord un premier refoulement *(fig. 22[a])*, pour former la partie prismatique qui ne saurait venir convenablement à l'étampage de la tête, le frottement du fer dans la coquille l'empêchant de la remplir. La coquille qui produit le deuxième refoulement est percée d'outre en outre et s'appuie sur une plaque d'acier *(fig. 22[b])* portant, incrustée, la marque de l'usine dans la partie vide de la coquille. Lorsque les carrés sont mal forgés, cette marque ne vient pas.

L'ébarbage de ces tirefonds demande un outil spécial; en effet, ici, ce n'est plus comme dans la fabrication des têtes simples où la tête est parfaitement centrée par rapport au corps du tirefond, puisque ces parties sont formées dans la même matrice, tandis que pour les tirefonds à partie carrée, le corps est dans la matrice, et la tête est dans la coquille. Aussi, pour cette fabrication, il est indispensable d'avoir une machine à refouler sans aucun jeu dans ses coulisseaux, d'avoir un porte-matrice sans aucun jeu dans son bloc, qui doit pouvoir se centrer parfaitement.

Il faut avoir soin d'enlever à chaque fois la bavure; un oubli peut entraîner le bris des pièces.

Tout cet ensemble pivote autour d'un axe engagé dans la table de la machine à ébarber. L'ébarbage ainsi opéré n'est pas très précis et exige le rabattage de la bavure, ce qui se fait à l'aide d'une vieille matrice et d'une vieille coquille; on introduit le tirefond ébarbé entre elles, et à l'aide d'un marteau on bat plusieurs coups. Les tirefonds pour voies ferrées, après leur complet achèvement : filetage, fraisage, etc., sont galvanisés, zingués.

L'opération préliminaire est le décapage qui se fait en

Digitized by Google

deux fois; on commence par un bain composé de 2/3 eau, 1/3 acide chlorhydrique, dans lequel on plonge, la tête en bas, les tirefonds qui passent après un certain temps dans un deuxième bain composé de 4/5 d'acide et 1/5 d'eau seulement; on emploierait l'acide pur pour ce bain, si les galvaniseurs pouvaient supporter les vapeurs qui se dégagent. Les tirefonds se placent dans un panier de cuivre qui peut en contenir trente, et l'on plonge ce panier dans le deuxième bain, en les y laissant une minute environ. Le cuivre est employé pour ces paniers parce qu'en se rongeant au contact de l'acide, il se précipite sur la surface des tirefonds et rend la galvanisation plus certaine, le zinc s'alliant mieux au cuivre qu'au fer. Les paniers sont vidés et au bout d'une minute environ, on voit les tirefonds blanchir en séchant.

Les pièces, bien séchées, sont disposées, au nombre de vingt-cinq, dans une poche en tôle percée de trous que l'on descend lentement dans le bain de zinc, dont la température ne doit pas être trop élevée, soit au rouge dans l'ombre.

Après la galvanisation, ces tirefonds sont roulés en tonneau pour enlever les crasses.

Pour fabriquer 1000^{kg} de tirefonds, on emploie environ 1,275^{kg} de fer; le cisaillage prend 10 à 11^{kg} de déchets par 1000 pièces, à l'ébarbage on perd 7 à 8^{kg}, au taraudage 60 à 70^{kg}, déchet que l'on évite en opérant à chaud.

Machine Vincent et Le Blanc.

La machine *(fig. 26)* du type Vincent construite par MM. Jules Le Blanc et Cie convient particulièrement pour l'étampage des têtes de tirefonds.

Notons que, dans cette machine, la vis de commande prend écrou dans une traverse mobile guidée par des glissières rapportées sur les montants du bâti. Cette traverse est reliée à une traverse inférieure porte-matrice qui se déplace également le long de glissières latérales. Les deux tiges de liaison des deux

Digitized by Google

traverses passent à travers une traverse fixe venue de fonderie avec les montants. C'est sur cette troisième traverse que se monte l'étampe fixe et que prend appui la vis.

Les traverses mobiles sont équilibrées par un contrepoids en fondations, dont les chaînes d'attache s'enroulent sur deux poulies de renvoi.

Le réglage de la course se fait, comme dans les machines similaires, par butées et tringles actionnant les leviers produisant le contact des cônes de commande. La tige de fer chauffée à une extrémité se place dans la matrice mobile inférieure; la tête se forme à la rencontre de la matrice supérieure à la course descendante, la pièce est rejetée automatiquement.

Filetage des tirefonds à chaud.

Par le procédé d'étampage, le filet de vis se fait entre deux étampes constituant pour ainsi dire un écrou.

La machine *(fig. 1 à 4, pl. XLVI)* (1) montre plusieurs empreintes filetées ménagées dans les étampes A et B.

L'étampe inférieure B portée par une enclume G, mobile à volonté, est amenée à la distance convenable de l'étampe supérieure par le déplacement d'un coin H actionné par leviers.

L'étampe supérieure A est montée sur un coulisseau C actionné par un excentrique E dont la bielle D appuie par son about sur le coulisseau C qui est relevé, à la montée, par le ressort P.

La pièce chauffée est présentée dans différentes positions pendant que le façonnage se fait en un ou plusieurs coups.

Ce procédé plus ou moins rationnel est délaissé pour celui de laminage entre galets ou entre disques, qui a donné lieu à diverses dispositions de fileteuses.

L'une des premières machines ayant donné de bons résultats est celle *figures 5 à 10* (2).

---

(1) Machine Bouchacourt et Delille. Brevet du 29 mai 1876.

(2) Brevet à la Société autrichienne des chemins de fer de l'État, du 30 octobre 1878.

Digitized by Google

Elle comprend trois cylindres C, CC, placés radialement à égale distance d'un axe commun de manière à former, pour ainsi dire, les coussinets d'une filière. En faisant pénétrer la tige du tirefond chauffée à haute température, entre ces cylindres qui tournent dans le même sens et avec des vitesses égales, les filets des dits cylindres s'impriment sur la tige et y déterminent une vis.

La pièce est fixée dans la tête de tenue P, et au moyen du levier Q, on la pousse entre les trois cylindres. La rotation l'entraîne longitudinalement. La pièce étant filetée à la longueur voulue, on renverse le mouvement de l'arbre moteur, le tirefond se dégage et tombe au pied de la machine.

L'arbre de commande est creux pour permettre de fileter de longues tiges.

Suivant le diamètre et la forme des filets de la vis, les cylindres sont correspondants.

Les cylindres usés sont recalibrés pour fileter des pièces de plus fort diamètre. Dans les machines plus récentes, ces mêmes cylindres peuvent servir plus longtemps et peuvent être à axe disposé verticalement (1).

Machine à fileter à quatre cylindres.

La fileteuse *(fig. 11 à 14)* (2) a également pour principe l'emploi de trois ou quatres cylindres tournants rainés en hélice, mais les galets sont mobiles transversalement de manière à presser entre eux la tige à fileter. La pièce est obligée, par l'action des outils, de tourner ainsi que d'avancer ou de reculer longitudinalement, ce qui a pour résultat de former le filet de vis.

En réglant latéralement les coussinets placés dans la tête F, les axes des cylindres peuvent être disposés suivant une petite

(1) Machine système Léon Levent, décrite par M. Louis Moreau (Châl. 1884) dans le *Bulletin technologique* d'avril 1896, page 443.

(2) Fileteuse de MM. Fairbain et Wells. (Brevet du 31 décembre 1885.)

Digitized by Google

inclinaison sur la ligne axiale, de façon que l'on puisse faire prendre à leurs axes une légère torsion de l'un par rapport à l'autre. Chacun des cylindres D a sa périphérie rainée en hélice avec un certain nombre de rainures inclinées par rapport à son axe, presque sous le même angle que celui que prend sur son propre axe le filet de la vis qui doit être formée par eux, et l'intervalle d'une rainure à l'autre sur chaque cylindre est égal au pas ou intervalle d'un filet à l'autre sur la vis. On préfère croiser ces rainures par intervalles avec d'autres rainures ayant à peu près la même inclinaison sur le sens opposé, afin d'obtenir un filet plus uni et plus exact.

Les quatre cylindres D n'ont pas le même diamètre. Les deux supérieurs sont un peu plus gros que les deux inférieurs; de manière que l'obliquité des rainures sur un petit cylindre ne soit pas tout à fait égale à celle sur un grand. En avant des cylindres sont disposées deux barres guides G portant une crosse H dans laquelle est maintenue la tête de l'ébauche; cette tête est placée entre une joue antérieure et une joue postérieure qui empêchent l'ébauche de se déplacer longitudinalement dans le support, tandis qu'elle est libre de tourner. La crosse H porte une butée réglable déterminant le renversement de marche de la machine quand l'ébauche a avancé suffisamment loin entre les cylindres.

Les *figures 15* à *19* se rapportent à la machine à trois cylindres, dont celui supérieur est un peu plus gros que les deux autres.

Les petites vis se filètent de préférence à froid avec cette dernière machine; les grosses se font à chaud avec la première, les galets tournent de 200 à 300 tours par minute, l'opération est rapide. Les vis d'attelage des wagons, les vis à filet carré ou arrondi s'obtiennent couramment par laminage. On produit à volonté les filets à droite ou à gauche, les filets de section quelconque. Ces vis sont plus résistantes que celles taillées, attendu que les fibres du métal sont infléchies suivant le profil des filets

Digitized by Google

au lieu d'être coupées. De plus, la production est plus rapide et plus économique.

Dans la machine *figures 1* et *2, planche XLVII* (1), deux galets peuvent converger sous un angle déterminé, avec écartement vertical variable. La tige à fileter est guidée dans son mouvement d'avance. Pour la dégager, on écarte les galets. Ceux-ci sont montés sur des arbres de grande longueur relative, de façon à pouvoir déplacer verticalement les paliers supports en agissant sur la pédale située à l'avant et reliée aux chariots supports.

Les galets sont filetés à gauche suivant l'empreinte du filet à obtenir. Il convient d'en avoir deux paires rechangeables pour chaque genre de filetage.

Pour des tirefonds de chemins de fer, une paire de galets de 50 à 60^{mm} de diamètre peut produire de 10.000 à 15.000 pièces sans nécessiter de forte retouche. Ils peuvent durer plusieurs jours ou seulement plusieurs heures. On a soin de les arroser avec de l'eau de savon. Cette machine simple donne de bons résultats et permet de fileter de 5.000 à 7.000 tirefonds par jour.

Pour les tirefonds de gros diamètre, 20^{mm} et au-dessus, on opère en deux passages. Toutes les pièces d'une série sont ébauchées par une première opération; puis, après réchauffage, elles sont achevées par une deuxième passe. L'allongement des tiges sous l'action du filetage étant moyennement de un quart de la longueur totale, il y a une économie de matière très sensible sur le procédé par enlèvement de matière qui tend à être abandonné pour ces tirefonds qui se répètent à l'infini.

Signalons aussi la machine *(fig. 3* à *9* et *17)* que M. Le Blanc construit pour les tirefonds depuis 12^{mm} jusqu'à 30^{mm} de diamètre.

La pièce est introduite entre deux cylindres à cannelures hélicoïdales et à génératrices parallèles. L'un des cylindres est une couronne en fonte armée d'une bande ou segment

(1) Machine de M. Sirot-Mallez. Brevet du 30 juillet 1891.

Digitized by Google

d'acier facilement rechangeable; l'autre cylindre est armé d'une bande analogue rapportée sur son pourtour *(fig. 9)*.

Chaque lame est terminée par une partie finisseuse dont le remplacement est de peu de valeur, ce qui permet de changer ces parties à mesure que la bonne exécution l'exige.

Les filets de vis du tirefond se laminent par le passage entre les deux lames ou couronnes tournant en sens inverse et la pièce tombe sur une tablette inclinée (1).

Les cylindres tournent à 16 tours par minute et filètent une pièce à chaque tour. Ils sont montés sur des arbres concentriques actionnés par roues et vis sans fin, et par l'intermédiaire de roues d'engrenages cylindriques assurant les vitesses et positions relatives des organes.

Parmi les machines à disque, nous avons signalé, dans la première partie, celle de Erichson, qui présente des empreintes annulaires ou concentriques aux axes de rotation des disques. Ces empreintes ont divers inconvénients; ainsi, pour faire croiser sous un angle suffisant les rainures annulaires de deux disques, leurs axes respectifs doivent être excentrés à une distance telle que la vis ébauchée avance de la longueur de son pas à chacune de ses révolutions .On ne peut produire sur chaque vis un roulage suffisant pour lui donner le fini voulu; de plus, les filets sont formés en partie par dépression, en partie par soulèvement; la moitié correspondant à la partie relevée du filet présente un diamètre plus grand que celui de la partie non filetée.

Pour parer à ces défauts, il convient d'employer des plateaux à empreintes circulaires, obliques ou spirales, s'étendant sur une bande relativement étroite *(fig. 15)*.

Les faces actives des deux disques en fonte aciéreuse sont parallèles ou inclinées en sens contraire et leurs axes sont excentrés *(fig. 10 à 13)*. Les deux disques tournent en sens contraire à la même vitesse.

---

(1) Brevet du 2 décembre 1895.

Digitized by Google

L'arbre creux D peut prendre un déplacement longitudinal pour rapprocher ou éloigner les disques, permettre d'introduire les tiges chauffées au commencement de l'opération et de les retirer à la fin.

L'excentricité se règle avec les vis V placées au-dessous des supports de l'arbre A.

Les rainures peuvent être tracées comme *figure 16*. Le disque étant divisé en secteurs égaux, soit huit; avec un rayon convenable qui peut varier entre 12 à 15^{cm}, on trace la circonférence moyenne de la bande annulaire. A des distances de cette circonférence, égales à peu près aux six ou sept dixièmes du diamètre de la tige à fileter, on fait passer les circonférences intérieure et extérieure.

Par l'extrémité de chaque rayon on mène une corde (*ab*) à 45°; le centre de l'arc (*ab*) est le point *c*.

L'excentricité peut varier suivant le degré de roulage que l'on veut donner à la vis. Plus l'excentricité est grande, plus rapidement la vis sera filetée. En moyenne, l'excentricité peut être prise égale de la moitié aux trois quarts du rayon de la circonférence *d* qui contient les centres *c*.

L'introduction de l'ébauche et la sortie de la vis s'obtiennent en agissant sur la pédale P qui déplace l'arbre D. Dès que la pédale est lâchée, le ressort L repousse le disque de D en arrière et la vis est enlevée.

Il est préférable de faire tourner les disques dans les sens tels que l'extrémité de la vis s'achève et que sa sortie se fasse suivant la flèche *(fig. 14)*.

Le déplacement du disque mobile peut être réglé suivant le diamètre de la vis au moyen d'un arrêt formant butée de repère. Il convient aussi de ménager un chanfrein pour faciliter l'entrée des ébauches, selon le sens de la rotation, intérieurement ou extérieurement et concentriquement à la bande à empreintes. Dans la *figure 14*, le rebord d'introduction est intérieur. Les machines à disques permettent de confectionner

Digitized by Google

une vis par révolution. Les parties actives ont une durée relativement longue et leur retaillage se fait sans difficulté.

Boulons.

Les boulons se distinguent des vis d'assemblage en ce que les tiges filetées sont munies d'un écrou formant partie complémentaire de l'organe. Les corps de boulons se façonnent comme les vis, mécaniquement pour les petites et moyennes dimensions. Ce n'est guère que pour les très gros boulons se répétant en petit nombre que l'on emploie les procédés ordinaires de martelage et d'étampage avec tête refoulée ou soudée; le filetage se fait ensuite par enlèvement de métal sous forme de copeaux, ou par laminage à chaud pour les fortes dimensions.

La plus grande partie des écrous de petites dimensions, est aujourd'hui faite avec des machines spéciales. Ce n'est qu'exceptionnellement pour des écrous hors série ou pour de fortes dimensions que l'on opère en constituant l'écrou soit par un tronçon de barre étampé et percé à chaud, soit par la confection d'une bague soudée étampée ensuite à la forme prismatique ou autre de l'écrou. Les écrous constitués de cette dernière façon sont toujours couramment adoptés en construction de machines.

Le filetage ou taraudage des écrous se fait à l'outil tranchant.

Les différents genres de boulons ne donnent lieu qu'à de légères modifications de la fabrication.

Ainsi les boulons à tête semi-sphérique se façonnent par étampage en une seule chaude, comme les rivets.

Le cisaillage se fait d'abord sur cinq ou six bouts variant de longueur entre eux de 1 à 2^{mm}; ces bouts sont pris dans une barre ayant le même diamètre que celui du corps de boulon. Chacun de ces bouts passe à l'étampage; les uns donnent une tête avec trop de bavures, les autres donnent un manque de fer; celui dont la longueur tient le milieu entre le trop et le trop peu, sert de gabarit pour le cisaillage.

Digitized by Google

L'estampage des boulons à ergots se fait dans des matrices agissant d'un seul coup *(fig. 1, pl. XLVIII)*. Une matrice fait moyennement 2.000 pièces et la coquille 10.000.

Ces outils se font de préférence en fer à grains, roulé et soudé au marteau. Ils sont cémentés et trempés.

Quand la tête est carrée et à angles arrondis, les matrices sont disposées comme *figure 2*.

Si la tête du boulon est à six pans, ce qui est le cas le plus général, elle se fait dans la matrice et l'on y refoule le fer.

L'opération se fait le plus souvent en deux chaudes; elle s'exécute en une chaude lorsque la hauteur de la partie à refouler est inférieure à trois fois le diamètre de la tige. Les matrices présentent les dispositions *figures 3* et *4*.

Un autre genre de fabrication est celui des boulons à bois, avec un grand ergot, pour wagons *(fig. 5* et *6)*. Cet ergot ne saurait s'obtenir par le refoulement. Il faut d'abord produire le pinçage du fer à la machine à forger, puis on refoule en étampes. Ces boulons sont généralement de grande longueur ($0^m,400$ et plus); ils sont difficiles à engager dans la matrice et encore plus difficiles à retirer, parce qu'ils se courbent, se tordent. On ne produit guère plus de 2.000 de ces boulons en douze heures.

Le jeu laissé dans la matrice pour le passage facile de la tige dépend du degré de bonne fabrication; il est de 3/10 à 1/2 millimètre et parfois plus, lorsque les tiges ne sont pas très régulières.

Les boulons d'éclisses donnent lieu à la disposition des matrices *figures 7* et *8*.

L'enlèvement des bavures des têtes des boulons se fait soit, à l'emporte-pièce, soit à la meule; puis ils sont livrés aux fileteuses (taraudeuses).

Les machines à étamper les têtes des boulons ont les étampes disposées verticalement ou horizontalement.

La *figure 9* se rapporte au premier type; c'est une machine

Digitized by Google

double à action intermittente, c'est-à-dire que lorsque l'un des outils est en travail, l'autre n'agit plus.

On y retrouve une matrice inférieure munie d'un bonhomme. Cette matrice se déplace en avant par la manœuvre d'un levier, pour permettre d'y placer aisément la tige du boulon.

L'étampe supérieure est montée sur un coulisseau porte-outil actionné par bielle ou par excentrique. Une même commande motrice sert pour les deux frappeurs et la masse d'un fort bâti est très propre à assurer la stabilité et la résistance des organes.

Ce type de machine convient particulièrement pour l'exécution des moyens et gros boulons.

Parfois deux machines à étamper des têtes de boulons sont adjacentes et ne comportent qu'une même vis de commande, comme l'indiquent les *figures 10 à 12* (1) qui se rapportent à une disposition avec vis V, horizontale, position qui facilite la présentation des tiges.

Le volant A constituant disque de friction est monté au milieu de la longueur de la vis V.

Il reçoit alternativement son mouvement de rotation en sens contraire par deux plateaux QQ′ dont les arbres peuvent se déplacer longitudinalement. Ces arbres sont commandés par des poulies RR′ chaussées de courroies motrices. Le contact des plateaux QQ′ avec celui A est réglé automatiquement.

Chaque bonhomme chassant le boulon à tête étampée est actionné par une traverse C ou C′, toutes deux reliées par des tringles T qui transmettent le mouvement qu'imprime la vis V et l'étampe au bonhomme opposé servant d'appui à la tige dont la tête va se former.

En vue d'éviter la double opération de refoulement de la tête en deux chaudes successives, on a cherché à faire le double étampage en une chaude sans enlever la pièce entre les

(1) Machine Priquelier. Brevet du 18 octobre 1876.

Digitized by Google

deux coups d'étampe. Pour cela, la vis de réglage A de la machine *(fig. 13* et *14)* (1) est percée d'un trou recevant une tige C faisant corps avec un bloc plat E, sur lequel repose la traverse D. Ce bloc E se prolonge en E' *(fig. 14* et *15)*, et ce prolongement sert de glissière à une cale F manœuvrée par le levier G muni d'un contrepoids et d'une pédale P.

Ce levier est articulé sur une chape vissée sur la tige C.

Au premier coup de bouterolle, la traverse D repose sur le bloc plat E, ne laissant à la tige T du boulon que la saillie *(fig. 16)* nécessaire pour refouler le métal et ébaucher la tête du boulon. Avant de donner le second coup, l'ouvrier met le pied sur la pédale P; la cale F vient s'interposer entre le bloc E et la traverse D, et il en résulte que la tige T présente une nouvelle saillie *(fig. 17)*, au moment où la bouterolle donne la forme définitive. On peut aussi disposer les organes pour opérer en trois fois.

Avec ces moyens, on évite l'augmentation du diamètre de la tige du boulon lui donnant la forme conique et on opère plus rapidement et plus économiquement.

On emploie aussi pour l'étampage des têtes des gros boulons, des presses hydrauliques dont le type *(fig. 18)* (2), comporte un piston P, à tête munie de la coquille étampeuse. Ce piston est constamment sollicité pour être relevé, la pression n'agissant à la partie supérieure qu'au besoin.

Sur une roue disque R à axe horizontal A sont montées six boîtes porte-étampe inférieure E. Ces boîtes ont la forme cylindrique pour emboîter la tête T du piston hydraulique. La roue R reçoit un mouvement de rotation intermittent d'amplitude égale à 1/6 de tour de manière à amener successivement chaque matrice en face de l'outil supérieur.

L'axe de rotation A tourne dans ses supports et par rapport

(1) Brevet Boistel et Coignet, du 2 avril 1875.

(2) Brevet Brown du 13 février 1875.

Digitized by Google

à la roue R montée folle; un excentrique F solidaire de l'axe A chasse le boulon quand celui-ci est dans la position opposée à celle du travail en B. La commande de la roue R se fait par engrenage à vis sans fin et par l'intermédiaire d'un embrayage à friction.

Boulons laminés.

Les boulons *(fig. 19)* pour bandages de roues dont la tige est munie, entre la tête et la partie filetée, de côtes et rainures longitudinales sont fabriqués par laminage transversal.

Les matrices *(fig. 20)* sont disposées pour former simultanément sur le flan du boulon le filet de vis et les cannelures.

La partie supérieure de la matrice présente des côtes et des rainures parallèles pour façonner la tige du boulon. La partie inférieure présente les empreintes formant le filet de vis.

Dans le laminage, les flans têtés sont introduits un à un entre les deux matrices animées d'un mouvement de va-et-vient, le flan roulant entre elles jusqu'à ce qu'il en échappe et tombe achevé.

Les tiges cannelées ont pour but de prévenir la rotation des boulons dans leur logement (1).

Les boulons, vis, tirefonds s'obtiennent par laminage transversal avec rapidité.

Rappelons que le laminoir Simonds produit des boulons à raison de cinq par minute avec une précision telle que le numéro d'écrou qui s'adapte au premier cent de boulons fabriqué, est également bon pour le dernier cent, la production allant de 5.000 à 10.000 sans nécessiter aucun renouvellement des matrices (2).

Le métal présente une résistance et une ductilité égales à celles qu'il possédait avant l'opération.

---

(1) Brevet du 11 novembre 1890. Société *The American Screw Company.*

(2) Le prix Franklin a été accordé, en 1888, à M. Simonds pour cette machine dont il a obtenu des résultats surprenants.

Digitized by Google

Ecrous.

On peut distinguer les écrous forgés à la bande et ceux débités à la barre mécaniquement.

Dans le premier cas, suivi pour les fortes dimensions, une bande de fer est cintrée ou enroulée sous forme de rondelle *(fig. 1 à 3, pl. XLIX)*. Chauffée à blanc, elle est soudée et transformée en écrou avec des étampes actionnées au marteau ou mieux à la presse avec des étampes fermées.

Si on veut assurer une grande élasticité pour le serrage de la tige filetée sur laquelle l'écrou est emboîté, on n'effectue pas la soudure et le flan est formé *(fig. 4)* d'une bande de fer ou d'acier enroulée à extrémités endentées *(fig. 5)* (1). La forme hexagonale est donnée au rouge.

Dans les machines à façonner les écrous et dont les premières applications remontent vers 1860, on a cherché à les débiter à l'extrémité de barres chauffées, à leur donner la forme et à produire le trou par refoulement du métal de manière à réduire le déchet le plus possible. On adopte du fer de qualité spéciale se laissant bien travailler à chaud; un fer mou est recherché afin de moins détériorer les outils.

Une des dispositions ordinaires est représentée par les *figures 6* à *9* (2).

La barre chauffée à haute température est introduite transversalement à la longueur du bâti et bute contre un arrêt *y* *(fig. 8)*. On suppose qu'un premier écrou *x'* a déjà été ébauché et est presque entièrement séparé de la barre.

Deux couteaux *ij* montés sur des leviers *kl* sont actionnés par une came *o (fig. 6)* montée sur l'arbre *b*. Cette came agit sur le levier *n*, les tiges et arbre *pqr (fig. 8* et *9)*.

Dès que le deuxième écrou est sur le point d'être coupé, le

(1) Brevet du 1er mars 1892. Société dite *Elastic Nut Company*.

(2) Machine Kusler. Brevet du 21 octobre 1876.

Digitized by Google

premier est poussé dans une matrice *e'* montée dans une plaque *e* solidaire d'un chariot *d* qui se rapproche de la barre au moment voulu. Le mouvement du chariot *e* est réglé par la came *f*, le levier *f'* et un arrêt f^3 *(fig. 7)* limite sa course.

L'écrou engagé dans la matrice *e'* est immédiatement poinçonné par l'action combinée des deux poinçons *gs (fig. 7)*. Le poinçon *g* est monté sur le coulisseau *g'* et une came *h* solidaire de l'arbre *a* détermine le mouvement. Le poinçon *s* est monté sur un bloc *t*, il est actionné par une came *s'*, solidaire de l'arbre *b*, par l'intermédiaire du levier s^2 pivotant en s^3. Le bloc *t* prend appui sur un ressort *t'* qui a pour but de limiter l'effort sur le poinçon et de prévenir toute détérioration des organes.

Le refoulement du métal par les deux poinçons qui se rapprochent en formant le trou, modèlent par compression énergique les faces de l'écrou dans la matrice *c'*. Lorsque la plaque porte-matrice recule, un pousseur chasse l'écrou hors de la matrice et il tombe à travers le vide ménagé dans le bâti.

Le repousseur et le pousseur coopèrent pour donner une compression finale sur les bases de l'écrou, pour les dresser. Les deux poinçons sont actionnés de manière que lorsque leurs extrémités sont voisines, tous deux se meuvent ensemble vers le pousseur, portant entre eux un disque très mince (5 à 6^{mm}) de métal, lequel est le principal déchet. Lorsque la matrice *c'* recule, le disque tombe.

Machine à forger les écrous, par Sayn.

Une machine analogue à la précédente est celle *(fig. 10 à 12)* (1), construite par M. Sayn.

La barre chauffée de section carrée est engagée transversa-

(1) *Publication industrielle des machines*, par Armengaud aîné. Vol. XXVII, 1883.

Digitized by Google

lement aux axes des matrices et poinçons entre deux outils *uu* *(fig. 14)* étampeurs-cisailleurs, laissant l'ébauche attachée à la barre par un pan. L'outil supérieur *u* est actionné par la came *s'* agissant sur un levier double T *(fig. 10)*.

Cette première opération achevée, l'ébauche est détachée par un pousseur hexagonal *i* qui la fait pénétrer dans la matrice *o* *(fig. 15)* solidaire du porte-outil U'.

Le pousseur *i'* est monté sur le cadre-coulisseau F actionné par la came *i* *(fig. 10)*.

Le poinçon *f'* *(fig. 15)* pénètre ensuite pour former le trou et de même le poinçon *d'*; ils refoulent le métal qui s'applique sur les deux pousseurs et sur les parois de la matrice *o* *(fig. 16)*

La poussée sur le pousseur *h'* est équilibrée par le ressort *x* *(fig. 11)* constitué par des rondelles Belleville et exerçant son action par l'intermédiaire du levier *x'* et de la vis de réglage x^2 butant contre le cadre H solidaire de *h'* *(fig. 11* et *16)*.

Le poinçon *d'* continuant sa course en avant repousse la petite débouchure de métal et le poinçon *f'* jusqu'à occuper la position *figure 17* dans le pousseur *i'* qui est resté en repos. Celui-ci à son tour recule en entraînant le poinçon *f'*. En même temps le pousseur de gauche *h'* pousse l'écrou hors de la matrice *o* et un chasse-écrou *y'* projette la pièce hors de la machine. La tige *y'* est solidaire de la tige *y* *(fig. 11)* portant à son extrémité un galet *a* qui, au moment convenable, est en contact avec un bossage que présente la couronne de la roue R, et qui a pour effet de déplacer la tige *y* d'une façon intermittente; cette tige reprend sa position normale de repos par l'action d'un ressort placé de l'autre côté.

Enfin, le poinçon *f*, sous l'action de la came *g*, se déplace en avant et repousse la débouchure hors du pousseur *i'* *(fig. 18)*. Le pousseur *h'* a repris sa position dans la matrice, ramené par la came *e*, et les outils sont prêts pour de nouvelles opérations.

Cette machine marchant à 45 tours par minute permet de

Digitized by Google

façonner 20 à 25 écrous par minute, à cause des pertes de temps, et des dimensions qui varient de 10 à 40^{mm} de diamètre de trou.

M. Le Blanc préconise une machine plus récente *(fig. 19)* à estampe poinçonneuse montée sur un porte-étampe de fortes dimensions, se déplaçant verticalement, étant guidé par des glissières ménagées sur le bâti.

Le déplacement de ce porte-étampe est produit par un arbre horizontal à deux coudes ou vilebrequins et par l'intermédiaire de deux bielles.

Sur un plateau supérieur relié à la base du bâti par de fortes tiges sont placées les diverses autres étampes; celles à déplacement transversal sont actionnées par des leviers reliés par deux bielles aux tourillons des manivelles d'about de l'arbre de la machine.

L'opération se fait d'un seul coup et d'une façon continue à la barre chauffée que l'ouvrier pousse dans des guides qui la maintiennent.

La machine bat de 55 à 80 coups et suivant le degré de chauffage on obtient 25 à 35 pièces par minute. Les outils étant disposés au haut du bâti sont facilement dégagés des battitures. Ils sont arrosés abondamment, sinon ils s'échaufferaient trop et se détérioreraient rapidement. Le métal subissant de grandes compressions, toutes les parties sont homogènes et les formes correctes. On admet que le déchet est d'environ 1/10.

Citons encore que, dans la machine du système Horsfall, l'écrou est formé à l'extrémité d'une barre ronde, par refoulement, comme s'il s'agissait de fabriquer une tête de boulon hexagonale ou carrée. Après étampage et battage des faces latérales, le trou est formé de manière que le métal se trouve refoulé à l'arrière au cœur de la barre. Il n'y a donc pas de déchet; la machine découpe, achève l'écrou dans la même chaude.

Digitized by Google

Rondelles.

Les rondelles servant d'appui aux têtes de vis, de rivets, de boulons, etc., sont obtenues par cintrage d'une bande à extrémités en amorces pour faciliter la soudure, si la rondelle est du type ordinaire.

Ces rondelles sont encore découpées dans des flans de tôle au moyen de petites machines à défoncer.

Les rondelles élastiques en acier servant d'appui aux écrous pour prévenir le desserrage des pièces sont découpées dans une bande enroulée en hélice sur un mandrin, au moyen d'une machine à enrouler. Si la rondelle comporte plusieurs spires avec partie coudée, la bande correspondant à chaque pièce est enroulée sur un mandrin cylindrique par un mandrin à rainure hélicoïdale animé d'un mouvement de rotation, puis d'un déplacement longitudinal pour permettre de dégager la rondelle des mandrins. Ces rondelles sont trempées modérément pour augmenter l'élasticité de l'acier.

Nous signalerons, au chapitre *Ressorts*, la fabrication de ces rondelles spéciales.

Pour les rondelles découpées, on emploie des rognures de tôle que l'on cisaille en bandelettes de largeur supérieure de quelque peu au diamètre extérieur de la rondelle. On fait aussi usage de feuillards ou de bandelette laminée.

Autrefois, on enlevait d'abord par poinçonnage la rondelle sur son grand diamètre, elle tombait à travers la matrice; puis, reprise, elle était placée dans une matrice pour poinçonner le trou; la rondelle était enlevée de la matrice par le poinçon. Une décharge dégageait le poinçon de la rondelle. Il y avait ainsi double main-d'œuvre et double poinçonnage. Aujourd'hui le poinçonnage se fait par la machine à deux poinçons *(fig. 20* et *21)* qui agissent simultanément sur deux rondelles différentes. On fait d'abord le trou de la rondelle, puis on présente la pièce au poinçon de grand diamètre qui défonce la

Digitized by Google

rondelle bien concentriquement au trou, en même temps que l'autre poinçon enlève le centre d'une autre ébauche.

L'opération est ainsi très rapide (30 à 35 par minute); le déchet de métal est environ les deux tiers du poids de fer employé en bandelettes.

C. CODRON.

FIN DU PREMIER VOLUME DE LA DEUXIÈME PARTIE

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

DU PREMIER VOLUME DE LA DEUXIÈME PARTIE

DEUXIÈME PARTIE

Pages

Procédés spéciaux relatifs au façonnage des pièces métalliques sans enlèvement de matière 1

Travail des lingots et des paquets 2

Compression à l'état liquide et pâteux 7
Lingots comprimés entre cylindres et par action centrifuge . . . 13
Lingots martelés ou pressés 15
Loupes de fer 18
Marteaux à cingler 20
Pressage ou mâquage des loupes 24
Laminage des loupes, cannelures des cylindres 26
Roulage des loupes 29
Soudage des balles de mitraille 33
Soudage des ferrailles en paquets 33
Corroyage des lingots 40
Trio à cannelures alternantes 43
Trio à écartement variable des cylindres 44
Affranchissage ou tronçonnage des lingots 48
Barres ordinaires carrées, plates, martelées 49
Barres laminées 52
Trousses pour fers carrés 53
Cannelures pour fers carrés 53
Barres plates de fer 56
Trio à bagues mobiles 59
Trains universels, continus 60

Digitized by Google

Bandes laminées à froid 63
Bandes laminées à l'état liquide-pâteux 67
Barres obtenues par laminage inverse. 67
Barres plates (laminage hélicoïdal) 70
Fabrication de la verge fendue 70
Dressage des barres 71
Barres polygonales 71
Barres rondes étampées 72
Barres rondes laminées longitudinalement. 73
Barres rondes laminées à froid 75
Barres rondes roulées entre cylindres. 76
Finissage des fers ronds 76
Barres tirées 77
Laminage du fer rond dit verge ou machine. 78
Procédé par doublage 78
Train mixte. 85
Laminage de blooms en verges 85
Train continu à direction rectiligne de Bedson. 87
Train continu de Comer (1880) 90
Laminage à froid 96
Laminage de plusieurs fils simultanément. 97

Fils tirés ou profilés. 98

Fabrication du fil de fer par laminage. 101
Recuit 110
Passages multiples simultanés 112
Tréfilage continu 113
Trempe continue du fil d'acier 116
Galvanisation des fils 117
Fil de zinc 117
Étirage entre galets à gorges 118
Fils découpés et étirés. 119
Laminoir découpeur et profileur pour fils métalliques. 121
Fil calibré à l'état liquide 122
Fil coulé et comprimé 122

Barres profilées. 123

Profils divers simples 125
Fers à double T. 126
Fers à âme nervurée. 131
Fers croisillons. Laminoir Hugo Sack. 133

Digitized by Google

Fers à T 137
Laminoir universel pour fers à T 138
Fers d'angles dits cornières 139
Cornières à branches inégales 140
Fers en Z 141
Fers en U 141
Fers gouttières ou demi-ronds creux 142
Fers en V et fers dits Zorès 143
Fers ornés ou moulurés 144
Laminage des fers spéciaux sur ailes aplaties 144
Laminoir Flotat pour fers profilés 146
Barres creuses 148
Dressage et tronçonnage 148
Barres cintrées 149
Barres laminées de formes variées à sections variables 149
Barres laminées à l'état liquide-pâteux 150
Barres profilées par étirage 154

Tôles et feuilles 156
Feuilles d'étain battues 160
Battage des feuilles minces 161
Feuilles minces laminées 162
Tôles minces polies 164
Laminoir à deux paires de cylindres dit à marche inverse 165
Laminage continu ou semi-continu des tôles 166
Laminage des tôles à l'état liquide-pâteux 168
Feuilles pressées et coulées 171
Feuilles de plomb 172
Feuilles de plomb, procédé de compression et d'écoulement . . . 172
Feuilles de plomb découpées 173
Tôles de cuivre 175
Feuilles de zinc, de laiton et d'aluminium 175
Tôles de petite, de moyenne et de forte épaisseur, en fer et acier. 179
Tôles d'acier ou de fer fondu 180
Paquets pour tôles de fer soudé 182
Dressage des tôles 185
Train pour tôles 186
Laminoir universel de Bealey et Adams 188
Laminoir à deux paires de cylindres à mouvements inverses . . . 188
Trios à tôles de Welman, des Aciéries de Longwy 189
Tôles courbées 196

Digitized by Google

Tôles embouties 197
Feuilles de métal cannelées ou ondulées. 198
Tôles à grandes ondes. 201
Machines à onduler les tôles à disques mobiles. 201
Tôles nervurées 202
Tôles striées 203
Tôles ondulées tirées. 204
Bandes cannelées par pliage 205

Taillanderie, outillerie, coutellerie, ferronnerie. 205
Pelles et bêches martelées 206
Bêches et pelles laminées. 207
Laminoir trio pour pelles 208
Outils à douille sans soudure. 209
Ébauche d'outils à tête creuse. 210
Outils à godet. 210
Outils à côte creuse 210
Achèvement de la douille. 211
Fourches. 212
Fourches laminées. 213
Outils aratoires 215
Fabrication de la faux mécaniquement. 218
Faux découpées. 219
Confection d'une cognée 220
Confection d'une bisaiguë 221
Coutellerie 222
Forgeage des baïonnettes. 223
Laminage des armes. 224
Fourreaux d'armes sans soudure 225
Confection des limes, des râpes et machines à tailler 226
Scies. 232
Ferronnerie. 234
Fabrication des ranchers 235
Machines à couder. 235
Consoles d'isolateurs télégraphiques. 236
Étriers de charpente. 237
Triangles d'attelage 238
Fabrication des fers à cheval 239
Fabrication des fers par M. Sibut. 242
Fers en aluminium forgés à froid. 244
Fers à languettes 244

Digitized by Google

Clous et pointes 245
Pointes à empreintes 249
Clous mariniers 250
Clous laminés et frappés 258
Clous pour fers à cheval 259
Préparation des flans de clous à ferrer 261
Laminoir à clous de Fuller 263
Machine à fabriquer les clous chauffés par un courant électrique. 264
Clous tordus 267
Clous découpés 268
Clous découpés et laminés 271

Broches, crampons, clavettes 273
Crampons 274
Machine à façonner les goupilles 276
Fabrication des gonds 277
Laminage des crochets 277

Fabrication des rivets 278
Machine de Gouin 284
Ébarbage des têtes de rivets 285

Visserie, boulonnerie 285
Fabrication des vis d'assemblage 285
Vis à bois 286
Machine Sloan, filetant à froid 291
Fabrication des tirefonds 292
Machine Vincent et Le Blanc 295
Filetage des tirefonds à chaud 296
Machine à fileter à quatre cylindres de Fairbairn 297
Boulons 301
Boulons laminés 305

Écrous 306
Machines à forger les écrous 308
Rondelles 310

Digitized by Google

PLANCHES

Numéros

Machinerie hydraulique pour la compression des métaux, par M. Whitworth, par Webb, par Buisset 1
Marteaux pour le travail des loupes de fer 2
Presses pour loupes de fer et train cingleur pour loupes de fer. . . . 3
Machines à cingler les loupes de fer puddlé. 4
Laminoirs, ébaucheurs, trio, etc. et modèles divers. 5
Bloomings, scie oscillante et cisailles pour blooms. 6
Laminoirs pour barres simples 7
Laminoirs différentiels, universels, continus. 8
Laminoir Norton et Hodgson; fenderies. 9
Train continu, argue, rouleuse, etc., pour ronds. 10
Trains, ébaucheurs et finisseurs pour fils et verges 11
Trains continus de Garrett, de Bedson 12
Trains de Comer, de Rees Jenkins et divers 13
Tréfilage, bancs à tirer, divers. 14
Banc pour tréfilage continu, modèles divers 15
Lingots et paquets pour fer à double T, laminoir Helson. 16
Laminoir pour section cruciforme de Sack 17
Types divers de fers à T, laminoir universel, fers de petites dimensions. 18
Fers d'angles divers et machines à dresser 19
Types divers de fer, cannelures, ébaucheur, etc. 20
Fers moulurés divers, laminage des fers sur ailes aplaties 21
Laminoir Flotat pour profils. 22
Marteau à battre les feuilles minces, laminoirs Bessemer et Norton et Hodgson 23
Laminoirs à tôles. 24
Laminoirs universels Bealey et Adams pour larges plats 25
Trio pour tôles par la Société des Aciéries de Longwy, de Welman . . 26
Laminoirs pour tôles et larges plats (Société des Aciéries de Longwy) . 27
Laminoirs pour ondes et tôles ondulées 28
Laminoirs pour pelles et fourches 29
Machines pour objets de taillanderie. 30
Machines à tailler les limes 31
Machines à façonner les étriers 32
Machines pour la fabrication des fers à cheval, modèles divers 33
— — — — 34
Machines à pointes, modèles divers 35

Digitized by Google

Machines à fabriquer les clous. 36
Machines pour façonner les clous de fer à cheval 37
Laminoirs à clous, modèles divers 38
Machines pour clous tordus ou découpés 39
Machines à fabriquer les crampons, les gonds. 40
Presses pour rivets à froid 41
Machines diverses à fabriquer les rivets à chaud 42
Machine à fabriquer les rivets de Jouin. 43
Machine à fabriquer les vis à bois et fileteuses à froid 44
Machines pour tirefonds. 45
Fileteuses à chaud, modèles divers. 46
— — — 47
Machines pour boulons 48
Machines pour forger les écrous 49

Digitized by Google

IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER.
IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 3830-2-97. — (Encre Lorilleux).

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06671 6807

Digitized by Google

Digitized by Google